# PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL COMPLEJO DE HUMEDALES DEL CANAL DEL DIQUE

**Programa Cooperativo Interinstitucional para el Ordenamiento, Manejo y Administración de la Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales del Canal del Dique**

# PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL COMPLEJO DE HUMEDALES DEL CANAL DEL DIQUE

Programa Cooperativo Interinstitucional para el Ordenamiento, Manejo y Administración de la Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales del Canal del Dique

**Junio de 2007**

## DIRECTORES

**CARDIQUE**
Agustín Chávez Pérez

**CRA**
Rafael Pérez Jubiz
Director

**CARSUCRE**
Orlando de la Ossa Nadjar

**CORMAGDALENA**
Horacio Arroyabe Soto
Juan Gonzalo Botero
Director Seccional Barranquilla

**UAESPNN**
Julia Miranda Londoño
Luz Elvira Angarita Jimenez
Directora Territorial Caribe UAESPNN

**CI**
Fabio Arjona Hincapié

## EQUIPO DE EXPERTOS CI

**Carlos Castaño Uribe**
Coordinador General del Proyecto de Ordenamiento
Ana Maria Botero – Bióloga
Catalina Julio – Ecóloga
Claudia Johanna Galvis – Abogada Ambiental
Cristal Ange Jaramillo – Bióloga experta en Humedales
Dorelly Estepa – Administradora de Empresas
Enrique Arévalo – Ingeniero Agrónomo experto en Desarrollo Rural
Hernando Orozco – Biólogo experto en SIG
Javier Gamba Cubides – Ingeniero Forestal
Maria Adelaida Valencia – Educadora Ambiental
Mario Ramírez Cerquera – Ingeniero Geógrafo Hidrólogo
Roberto Jaramillo – Ecólogo experto en SIG
Vivian Galvis – Trabajadora Social

**Investigadores de Campo**
Antonio Villa – Biólogo
Juan Manuel Prada – Biólogo
Mauricio Villa – Zootecnista
Melisas Cuevas – Bióloga
Alejandro Guzmán - Economista
Roberto Tatis Muvdi – Biólogo Limnologo

## ACTORES INSTITUCIONALES

**Aguas de Cartagena**
José E Zapata – Coordinador Medio Ambiente
Benjamín Álvarez – Subgerente Medio Ambiente

**Alcaldía de Cartagena**
Álvaro Ramírez - UMATA

**Capitanía de Puerto**
Anderson Peralta

**CIOH**
Mary Luz Cañón

**EPA Cartagena**
Rodrigo Sánchez Tapia – Profesional Especializado

**Fiscalía**
Olga Rebeca Cabrales

**Gobernación Atlántico**
Ernesto R. Ariza – Subsecretario de Fortalecimiento Institucional - Planeación Departamental

**Gobernación de Bolívar**
Federico Ochoa Lordui - Asesor Medio Ambiente

**INCODER**
Consuelo Corchuelo - Profesional Universitario
Luís E. Mercado – Coordinador GTT

**INVEMAR**
David Alfonso – Coordinador Planificación Costera

**SENA**
Gloria Jaimes – Instructora

## INTERVENTORES COMISIÓN CONJUNTA CARDIQUE

Álvaro Viloria – Interventor Administrativo
Olga Cecília Ramírez – Interventora Técnica

**CRA**
Juan Carlos Pino

**CARSUCRE**
Alejandro Zamora Guzmán

**CORMAGDALENA**
Juan Gonzalo Botero

**Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales**
Ítalo Julio Pineda Vargas

## ACTORES MUNICIPALES

**Arjona**
Luís Ospino, Gregorio Pantoja, Rafael Palomino, Argelio Serrano, Leonardo López, Orlando Parra, Ramiro Hernández Díaz, Daira Iriarte, José Eulogio Iriarte, Maria Elena Arrieta Medina, Tomás Martínez Ledesma, Maria José Hernández Posada, Orlando Villadiego Arroyo, Paola Villadiego García y Elvia Martínez Pereira

**Arroyohondo**
José Dolores García Polo, Glenis María Díaz Torregroza, Saúl Alberto Barrios Ariza, Naelis del Rosario Ortiz Utría, Dary Luz Martínez Ortiz, Venidla del Campo Semacaritt y Saúl Martínez Herazo

**Calamar**
Zoila Amelia Ospino Castillo, Ricardo Rafael Álvarez Cantillo, José Francisco Quintero Londoño, Jairo Luís Torres Fonseca, Wilfredo Martínez de la Cruz, Martín de Jesús Berdugo Rodríguez, Alexander Ochoa Villamil, Álvaro Manuel Sarmiento Jaramillo y Ruby Magalys Reales Fernández

**Campo de la cruz**
Armando Villa

**Carmen de Bolívar**

Berena de la Cruz Cohén Montes, Julia Rosa Donado Mendoza, Alberto Miguel Lascarro Galeano, Angélica María Ibáñez Vásquez, Jaime Adolfo Fernández Leones, Ramiro Antonio Cueto Torres, Anibal Rafael Catalan Torres, Nancy Helena Montes Angarita, Elieth Marina Buelvas Castro, Karen Paola Brieva Cárdenas, Naimfith del Carmen Salazar Navarro y Manuel de Jesús Oviedo Buelvas

**Cartagena (corregimiento de Pasacaballos)**

Ana Esther Pereira Romero, Ismael Julio Pereira, Carlos Efraín Orozco Herrera, José Rodríguez Díaz, Alfonso Olivo Rodríguez, Pedro Manuel Caraballo Pájaro, José Francisco Marriaga Pérez, Alejandro Blanco Gómez, Rafael Tobías Arrieta, Benavides Morelo Julio y Abner Orozco Moreno

**Luruaco**

Lineys Cuadro Ardila, Amalia Rodríguez Manotas, Anain Polo Polo, Sandra Sarmiento Alonso, Carmenza Hernández A, Uribe Coronel Cabarcas, Gerardo Jiménez Manotas, Rocío González Sarmiento, Calixto José Prenth Gutiérrez, Deisy Patricia Beltrán Valencia, Arnulfo Jiménez Ballesta, Ángel Ortiz Teran, Erney Beltrán Algarin, Juan Carlos Meza Zabaleta, Luís Angulo Galán, Emperatriz Romero Sarmiento, Esteban Manotas Ariza, Iris Maria Coronado, Elvia patricia Barrios Castro, Filiberto Franco Núñez, Narciza de la Cruz y Maricela Ángel

**Mahates**

Hernando Taborda Martínez, Víctor Manuel Herrera Ortega, José del Carmen Díaz, Eugenio Ospino, Justo Pascual Galvis Venecia, Cenelia del Carmen Cassiani Castilla y Roque Luís Agamez

**Manatí**

Carlos Rojano Franco, Alex Iván Macas Peña, Ivón Rebolledo Ariza, Deris Mosquera y Saúl Olivero Pimiento

**Marialabaja**

Luz Myriam Collazos Céspedes, Jaime Carmona Álvarez, José Luís Miranda, Dieder Miguel Meza Betancourt, Rocío Díaz Navarro, Nelson Acevedo González, Sandra Pérez, Isidro Berrío Berrío, Dominga Ospino Cueto y Carlos Ortiz Peña

**Piojó**

Andrés Nieto Jiménez, Jesús E Villanueva G y Miguelina Utria Jiménez

**Repelón**

Dalfi Larios, Magola Cuadro Salcedo, Cira Esther Ospina Vega, Judith Villa Martínez, Astedia Carrillo Cantillo, Gerardo Villa Sarmiento, Rafael Pineda Solano y Marina Mendoza

**Sabanalarga**

Carmen López Cervantes, Yadira Ortega de Coronado, Johana Piñeres Salas, Heydi Ahumada Navarro, Divina Sánchez Castro, Maria Alvarado Polo, Hernando Pugliesse Villafañe, Norman Castañeda Solano, Gustavo Bermejo Ursola y Vicente Merado Machacon

**San Cristóbal**

Benjamín Visbal Navarro, Freddy Catalino Barcasnegras, Manuel Esteban Utria Rodríguez, Daniel Enrique Cueto Obeso, Zuñidla Torres Ballestas, Josefina Torres Castillo, Gloria López Sara y Rosa Matilde Vega

**San Estanislao de Kotska**

Cesar Padilla Rodríguez, Javier Ignacio Padilla Pérez, Adalberto Padilla Padilla, Jorge Farid Yépez Arrieta, Alcira Ávila Castillo, Arnaldo Padilla Utría, Alejandro Ahumada Julio y Ángel Rafael Jiménez Fuentes

**San Jacinto**

Ramón Estrada Carvajal, Fortunato Herrera Mendoza, José Anibal Acuña Ramírez, Luís Alberto Vázquez Calbal, Hortencia Anillo Ortega, Carmen Judith Carval Vázquez, Jorge Fonseca Soto, Adolfo Támara Arrieta, Raúl Mier Pérez, Jorge Luís Alfaro Leones, Jorge Luís Carbal Castellar, Alberto Lora Lentino y German Cerpa Reyes

**San Juan de Nepomuceno**

Ramón Gonzáles Castillo, Alfonso Herrera Rivera, José Tapia Moreno, Juan Díaz Castellar, Fernando Vásquez Iglesias, Francisco Osorio Contreras, Jorge Mallorga Gutiérrez, Julián Leiva Andrade y Leduik Barrios Rada

**San Onofre**

Adolfo Guzmán, Hosma Márquez, Carlos de la Hoz Mercado, Gustavo E. Zambrano y José Armando Díaz

**Santa Lucia**

Luís Orlando Barrios Gómez, Sait Niño Mercado, Guillermo Ortiz Cano, Ramón Gómez Mercado, Daniel Herrera Mercado, Rafael Salcedo González y Loskar Mercado Arrollo

**Soplaviento**

Javier Orozco Valencia, Abel Roca Roa, Ubaldo Parra Parra, Lady Evelin Ortiz, Máximo Salas Castro, Gilberto Enrique Mendoza Castro, Nemesio Daza Hurtado, Euclides Pérez, Ariel Reyes Consuegra, Mercedes Escorcia Ibarra y Adán García Romero

**Suan**

Liliana Rodríguez Álvarez, Piedad Polo de la Rosa, Javier Rodríguez Rodríguez, Angélica Ospina de Lafaurié, Germán Moya Narváez, Alfredo Jiménez Rivera, Lilibeth Gallardo Gutiérrez, Ana Jiménez Julio, Adolfo Julio González, Adriana Fonseca Camargo, Luís Fonseca Barrios, Claudia Pacheco Herrera, Liseth Cortéz Orozco, Imara Montalvo Ospina, Sandro Guerrero Valencia, Sandra Cantillo Lascarro y Nellys Córdoba Escorcia

**Turbaco**

Marcos Torres Buelvas, Pedro Matto Cueto, José Saul Gutiérrez, Orlando Enrique Morales Castillo, Lubis Cárdenas Viola y Hernando Jiménez Gazabón

**Turbana**

Sigelfrido Marrugo Paternina, Eduardo Rey Rodríguez, Rafael Ospino Cantillo, Rosalía Babilonia Martínez, Deivis Parra Barrios, Edilberto Acevedo Acevedo, María Belén Montalvo González y Mauro Meza Hernández

**Usiacurí**

Doris Bolívar Ebrath, Gregorio Márquez Ortiz, Claudio Angulo Alonso, Carlos Jiménez, Sergio Zarate García, Milton Márquez, Gustavo Vallejo, Bienvenido de la Hoz, Mónica Urueta, Roberto Jiménez, Hugo Oliveros, Yesenia Jiménez, Gleini Gallardo, Alex Pérez y Fair Blanco

**Villanueva**

José David Parra Marrugo, Marisol Gómez Pérez, Berly Ariza Julio, Rodolfo Herrera Ibáñez, Enio Pérez Orozco y Alberto Orozco Bermúdez

# CONTENIDO

**PRESENTACIÓN** ..... 23

**INTRODUCCIÓN** ..... 27

**1. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ORDENAMIENTO** ..... 28
1.1. El aprestamiento de la cuenca ..... 29
1.2. La caracterización y el diagnostico analítico ..... 29
1.3. El componente prospectivo ..... 30
1.4. Componente de Zonificación ..... 30
1.5. Componente de formulación ..... 32
1.6. Componente operativo y estrategia de implementación ..... 33
1.7. Componente para el seguimiento y evaluación ..... 33
1.8. Componente de Participación ..... 33

**2. MARCO JURÍDICO Y NORMATIVO** ..... 36
2.1. Marco jurídico y político ..... 36
*Constitución política nacional* ..... 36
*Recurso Hídrico* ..... 36
*Vertimientos* ..... 38
*Uso eficiente y ahorro del agua* ..... 39
*Gestión residuos sólidos* ..... 39
*Tasas* ..... 42
*Planes de Ordenamiento Territorial* ..... 42
*Ecosistemas costeros* ..... 44
*Ecosistemas de manglar* ..... 45
*Financiamiento* ..... 46
2.1. Competencias en el ordenamiento ..... 48
*Normas aplicables a la Corporación Autónoma del Río Grande de la Magdalena* ..... 49

**CAPITULO 1 - COMPONENTE DE APRESTAMIENTO** ..... 57
1.1. Construcción del mapa de actores y conflicto ..... 57
1.2. La definición del Marco Conceptual y Metodológico ..... 57
*Mapa Actores - Conflictos Componente Ecológico* ..... 59
*Mapa Actores-Conflictos Componente Físico* ..... 64
*Mapa Actores - Conflictos Componente Económico* ..... 68
*Mapa Actores - Conflictos Componente Infraestructura y Servicios Públicos* ..... 72
*Mapa Actores - Conflictos Componente Sociocultural* ..... 73
*Mapa Actores - Conflictos Componente Institucional* ..... 79
1.3 Delimitación y declaratoria de la cuenca en ordenación ..... 85
*Justificación para la declaratoria del Canal del Dique en la categoría de "Cuenca en Ordenación"* ..... 85
*Linderos de la cuenca del Canal del Dique* ..... 90
*Acuerdo de declaratoria No. 001 de enero 23 de 2006* ..... 90

**CAPITULO 2 - CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO ANALÍTICO** ..... 97
2.1. Introducción ..... 97
*Localización y delimitación* ..... 97
*Límites de la cuenca* ..... 97
2.2. Caracterización general ..... 99
*Sistema Geofísico* ..... 99
*Sistema Hídrico* ..... 109
*Sistema Biótico* ..... 161
*Sistema sociocultural* ..... 204
El poblamiento humano en el período prehispánico ..... 204

El poblamiento humano contemporaneo ....216
*Sistema productivo* .... *253*
Distribución territorial politico administrativa del Canal ....253
Algunos limitantes de la producción agropecuaria en la Cuenca ....257
Estructura productiva ....258
Camaronicultura ....266
Pesca Marítima ....273
Zoocría ....280
Apicultura ....283
Turismo ....283
*Sistema Institucional* .... *288*
Caracterización institucional de la cuenca ....292
Marco genaral de las politicas ambientales aplicadas a la cuenca ....301
La politica regional y municipal ....308
Los instrumentos para la planificación y la gestion ambiental de la cuenca ....312
Los alcances de la normatividad y la politica nacional en el canal del dique (ministerio del medio ambiente 1997-2006) ....315
Parámetros sugeridos para la zonificación y el ordenamiento otorgados a las corporaciones autonomas regionales en el canal del dique ....316
*Sistema de amenazas y riesgos* .... *335*
*Amenazas Geológicas* .... *335*
Deslizamiento ....335
Sismicidad ....336
Remoción en Masa ....337
Erosión ....337
Diapirismo ....338
*Amenazas Hidrometereológicas* .... *341*
Inundaciones ....341
Incendios Forestales ....343
Sequías ....343
Colmatación ....343
Huracanes ....344
Tormentas Eléctricas ....344
*Amenazas Antrópicas* .... *346*
Amenazas Tecnológicas ....346
Contaminación de los Cuerpos de Agua (con Residuos Sólidos y Aguas Residuales) ....347
Contaminación Atmosférica ....347
*Sistema de coberturas y uso del suelo* .... *348*
Análisis uso de la tierra en la cuenca del Canal del Dique ....348
Subcuencas de la Cuenca del Canal del Dique y Embalse del Guajaro ....351
*Los bienes y servicios ambientales de la cuenca* .... *363*
Bienes y servicios ambientales del bosque seco tropical ....364
Bienes y servicios de los humedales ....368
*Análisis multitemporal* .... *372*
Síntesis general de cambio en la cobertura del paisaje en los sectores geográficos de la cuenca ....391
2.2. DIAGNÓSTICO ANALÍTICO .... 393
*Sistema Geofísico* .... *393*
*Sistema Sociocultural* .... *399*
*Sistema Productivo* .... *409*
*Sistema Biológico* .... *415*
*Sistema Institucional* .... *417*

**CAPITULO 3 - LA DEFINICION DE OBJETIVOS ESTRATEGICOS Y ESQUEMA PROSPECTIVO .... 423**
3.1. VISIÓN DE LOS ACTORES DE LA CUENCA Y OBJETIVOS DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO .... 423
*Los objetivos* .... *424*
*Los retos, las amenazas y las oportunidades* .... *425*
*Los Retos, las Amenazas y las Oportunidades* .... *432*
*El enfoque prospectivo y el marco conceptual* .... *439*

# Capitulo 2 - Caracterización y Diagnóstico Analítico

## 2.1. Introducción

Este documento dedicado a la caracterización y el diagnóstico analítico de la cuenca Hidrográfica del Canal del Dique es el segundo producto resultante del proceso de la formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo de esta importante ecoregión del Caribe Colombiano.

Durante esta etapa del procedimiento ya se ha iniciado el proceso de ambientación y de socialización con las comunidades y los diferentes actores identificados en la cuenca y se continúa con la construcción de la confianza y la información a nivel local. Igualmente, se identifican los requerimientos de ordenación, zonificación y aprovechamiento de los RNR, se elabora un modelo de balance hídrico, se definen algunas de las prioridades para establecer áreas protegidas, además se establecen los programas y las acciones específicas que, junto con el reglamento de uso, permiten orientar los procesos de ordenación hacia una fórmula más adecuada de sostenibilidad.

En esta segunda etapa del proceso se han tenido muy en cuenta los parámetros de la problemática observada a partir de la visión de los actores de la cuenca a través de la construcción del Mapa de actores y conflicto como de las entrevistas y consultas hechos con las autoridades municipales, lideres sociales y otros acercamientos durante los últimos meses con expertos y sabedores locales. Esta caracterización se realizó con el acompañamiento de las instituciones y de los líderes comunitarios que ya han sido identificados en la etapa de aprestamiento.

La caracterización permitió profundizar la línea base de la cuenca descrita a través de múltiples estudios y documentos de importancia técnica y científica en el territorio, ya que como se indicara, en su debido momento, han enfatizado especialmente en los temas relativos a las condiciones hidrodinámicas y sedimentológicas del CANAL y a su calidad hídrica, dos temas que, por demás, no solo han sido ampliamente estudiados, sino que son muy sensible, sobre todo para la comunidad cartagenera y para los habitantes de los poblaciones directamente relacionadas con la obra de acceso y comunicación fluvial.

Dada la condición de estado obtenida para la cuenca, la identificación, ponderación y jerarquización de las "variables- problema" que desde la construcción del Mapa de Conflicto se habían logrado identificar con los actores locales han retomado, en esta nueva etapa del proceso, una orientación estratégica.

Como se verá en el presente documento, la caracterización y el diagnóstico analítico permiten en conjunto establecer las bases de una aproximación más real de la cuenca - desde el punto de vista de la información disponible- y contrastar, de una forma lo más objetiva posible, las amenazas y los problemas que habían sido identificados con los actores en la primera etapa. Estos elementos, pues, serán la base de los criterios y los argumentos para iniciar, durante la tercera etapa, la formulación del Plan y por ende la zonificación que permita una definición de los requerimientos de uso y manejo del suelo, desde una perspectiva no solo ambientalmente sostenible, si no también desde una posibilidad social e institucional para acometer las acciones remédiales.

### Localización y delimitación

La cuenca del Canal del Dique está considerada desde una perspectiva hidrológica, ante todo, pero con ciertas consideraciones que son fundamentales de considerar.

La cuenca posee una extensión de 4.542 $Km^2$ aproximadamente, desde Calamar, y todo el perímetro de drenaje natural, hasta su área de descarga sobre las bahías de Cartagena y Barbacoas. No obstante, puede tener mas de 400 $km^2$ de área de influencia de sus aguas sobre las bahías mencionadas, la península de Barú, la Isla de Tierrabomba y el archipiélago de las Islas del Rosario, con lo cual, se considera un área de estudio que puede estimarse en una cifra cercana a los 5.000 $km^2$ en total, repartidos en 3 departamentos, 25 municipios diferentes, y bajo la jurisdicción de 3 Corporaciones Autónomas Regionales (Cardique, Carsucre y CRA)

### Límites de la cuenca

Los límites terrestres de la cuenca se describen partiendo desde la desembocadura del canal del Dique en la Bahía de Cartagena por el sitio de Pasacaballos, y siguiendo en el sentido opuesto a las agujas del reloj. El límite parte de Pasacaballos hacia el SW bordeando la isla de Barú hasta salir de la bahía de Cartagena por el sector de El Varadero; ya en el mar Caribe continúa bordeando la isla de Barú con alineamiento general SW hasta encontrar la entrada a la bahía de Barbacoas, donde toma alineamiento general hacia el NE. Luego, sobre la zona del caño Lequerica, toma alineación general hacia el S llegando a la zona del caño

Matunilla donde toma alineación general hacia el W, bordea la isla del Covado y sigue con dirección S, pasando por las tres desembocaduras del caño Correa y por Punta Comisario, hasta el sitio exacto de Punta Salinas, sobre el Mar Caribe.

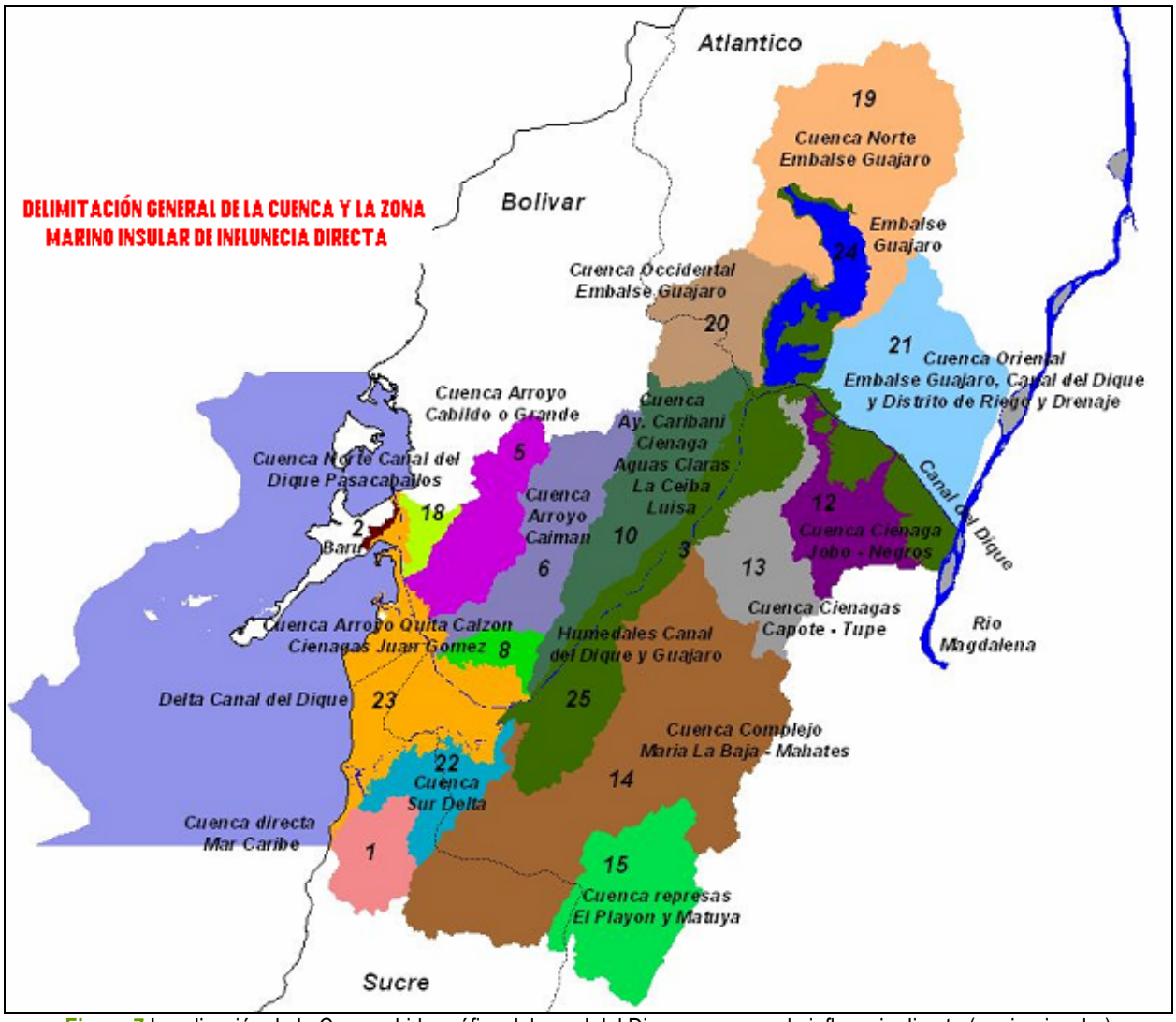



**Figura 7** Localización de la Cuenca hidrográfica del canal del Dique y su zona de influencia directa (marino-insular)
Fuente: CI, 2006

En este punto los límites siguen tierra adentro con dirección SE hasta la loma de Las Brisas, en el municipio de San Onofre (Departamento de Sucre). Allí, toma dirección NE y llega hasta el sitio Cerro de Las Casas, donde toma nuevamente dirección SE y pasa por las poblaciones de Pajonal y Sitegusta; sigue por la divisoria con dirección E entre las cuencas de los arroyos Mulita (que va al mar Caribe) y Flamenco (que va al caño Correa), pasa por las poblaciones de Pita Camacho y Buenos Aires y asciende a la Loma de El Fibral.

En este sitio entra al Departamento de Bolívar y sigue con alineamiento general SE hasta subir a la Serranía de Jacinto, donde toma alineación general hacia el NNE, pasa por la Serranía de Pontana, las regiones de Botijuela, Cantera y la Escoba, en el municipio de San Juan Nepomuceno, y sigue por las estribaciones de la Serranía de San Jacinto en el Municipio de Calamar, hasta encontrar la Carretera que conduce de Carreto a Calamar, hasta llegar a esta población. Sobre esta vía existe una estructura hidráulica que permite el paso del agua del río Magdalena hasta el complejo cenagoso de Los Negros, en lo que

antiguamente era la entrada original del canal por el caño del Dique Viejo.

En Calamar, el límite cruza el canal del Dique y se adentra en el Departamento del Atlántico, por el Municipio de Suan; sigue con alineación general N entre el río Magdalena y la zona de influencia del Distrito de Riego de Santa Lucía, pasa por la población de Campo de La Cruz y, entre Candelaria y Bohórquez, toma alineación NW hasta llegar a la población de Tepeyae, en donde toma alineación N pasando por la Loma de las Vacas, por el costado E de la cabecera municipal de Sabanalarga y por la población de Campeche. Aquí toma rumbo NW hasta la Loma de Pájaro, donde toma rumbo SW pasando por las lomas La Victoria y Pajal La Piedra, hasta llegar al cerro La Vieja. En este sitio toma alineación general hacia el S, pasando por la Loma Juan del Toro, la divisoria de aguas entre la ciénaga de Luruaco y el Embalse del Guájaro y la Loma de Maíz Blanco, donde toma rumbo general SW, pasa por el cerro El Caballo hasta llegar a las lomas de Peña Grande, sobre el límite con el Departamento de Bolívar.

En el Departamento de Bolívar, el límite de la cuenca sigue con rumbo S por las lomas de Mendocita y Las Paridas, el Cerro Peligro y Loma Grande, en los municipios de Santa Rosa y Villanueva, hasta la vereda Pan de Azúcar, en donde toma dirección general hacia el SW y pasa por las regiones de El Congo y Bocagrande, llega a la Serranía de Turbaco y pasa por Loma Lata, el cerro de Coloncito, y sigue por las afueras de Turbaco hasta la región de El Rastrojo, cerca de Turbana, donde toma alineación SW y luego W para bajar por las estribaciones de la Serranía de Turbaco hasta la desembocadura del Canal del Dique, en Pasacaballos.

El brazo marino hacia el oeste, que hoy sería el corredor Calamar - bahía de Barbacoas, cobró fuerza por la acción propia de la dinámica fluvial del río y se convirtió en una de sus desembocaduras. Con el tiempo, todo el sistema de bajos y lagunas sufrieron procesos de sedimentación perdiéndose la conexión permanente con el río y sólo recibían aportes por desbordamientos durante las crecidas del río. Este sistema lagunar fue interconectado desde el río Magdalena hasta la bahía de Barbacoas en el año de 1650 para proveer una vía acuática de comunicación para el transporte entre la costa Caribe y el interior del país, que ha sido modificada, alineada y ampliada en los siglos subsiguientes y es lo que se conoce hoy con el nombre de Canal del Dique.

Unos 1600 km$^2$ de la cuenca están constituidos por una zona baja y plana, adyacente al curso del canal, demarcada por la cota 10 m y con anchuras entre 3 y 25 km. Por encima de esta cota, el terreno se vuelve ondulado y asciende a las serranías, cuya mayor altura está en el cerro Guayabal (566 mnsm) a unos 10 km al oriente de Malagana, municipio de Mahates, en el Departamento de Bolívar (CARINSA & INCOPLAN, 1993)[1].

## 2.2. Caracterización general

### Sistema Geofísico

La cuenca del Canal del Dique está ubicada sobre la región dominada por las estructuras del cinturón fragmentado de San Jacinto y cinturón del Sinú, que son cadenas montañosas separadas por el corredor bajo del canal. Según Duque (1980) en INGEOMINAS (1999), el cinturón fragmentado de San Jacinto se extiende desde las estribaciones de la Cordillera Occidental y se divide en los anticlinorios de San Jerónimo, San Jacinto y Luruaco. CORMAGDALENA[2], por su parte, señala que el área del canal correspondió en épocas pasadas, a un antiguo brazo marino del río Magdalena, cuando desembocaba por la región de la Guajira, que labró su cauce hacia la bahía que se formaba entre lo que hoy es el triángulo Calamar – Sierra Nevada de Santa Marta – Barranquilla.

Respecto a la INFORMACION BASICA, es necesario indicar que se han realizado numerosos estudios tendientes a establecer las condiciones geológicas de la zona. Los más importantes son:

INGEOMINAS – CARDIQUE. *Evaluación del potencial ambiental de los recursos suelo, agua, mineral y bosques en el territorio de jurisdicción de Cardique*. Ingeominas, 1999. Realizó una evaluación de los componentes geológico, geomorfológico e hidrológico con resultados presentados en escala 1:100.000.

UNIVERSIDAD DEL NORTE. 2003. *Fase I Plan de Restauración Ambiental de los Ecosistemas Degradados del Canal del Dique,* que incluyó diversos estudios sobre la Eco-región Canal del Dique, entre los cuales están los estudios geológicos que integran el Proyecto 6.1.2 Ordenación y Plan de manejo del recurso hídrico en el área del hidrosistema continental del Canal del Dique. Tomo II IDEHA-E-063-012-03. Parte 1. Este estudio incluyó el procesamiento e

[1] CARINSA & INCOPLAN. *Actividades de dragado del Canal del Dique. Estudio de Impacto Ambiental*. Ministerio de Obras Públicas – FONADE. Bogotá. 1993

[2] A través del Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de Las Flores, CORMAGDALENA realizó entre 1999 y 2000 el estudio *Plan de restauración ambiental de los ecosistemas degradados del área de influencia del canal del Dique. Estudio de Factibilidad e Impacto Ambiental*. Participaron La Universidad del Norte, la firma Brown & Root, del Grupo Halliburton, el U.S. Army Corps of _Engineers, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH y la Fundación Biocolombia.

interpretación digital de imágenes de satélite, verificación sobre fotografías aéreas y con inspecciones de campo, y producción de mapas en escalas 1:100.000 para la cuenca y 1:25.000 para las islas del Rosario (Figura 5).

En estos informes están involucrados los estudios más importantes que sobre el tema de la geología y la geomorfología se han realizado sobre el canal y constituyen la base técnica para la preparación del presente informe.

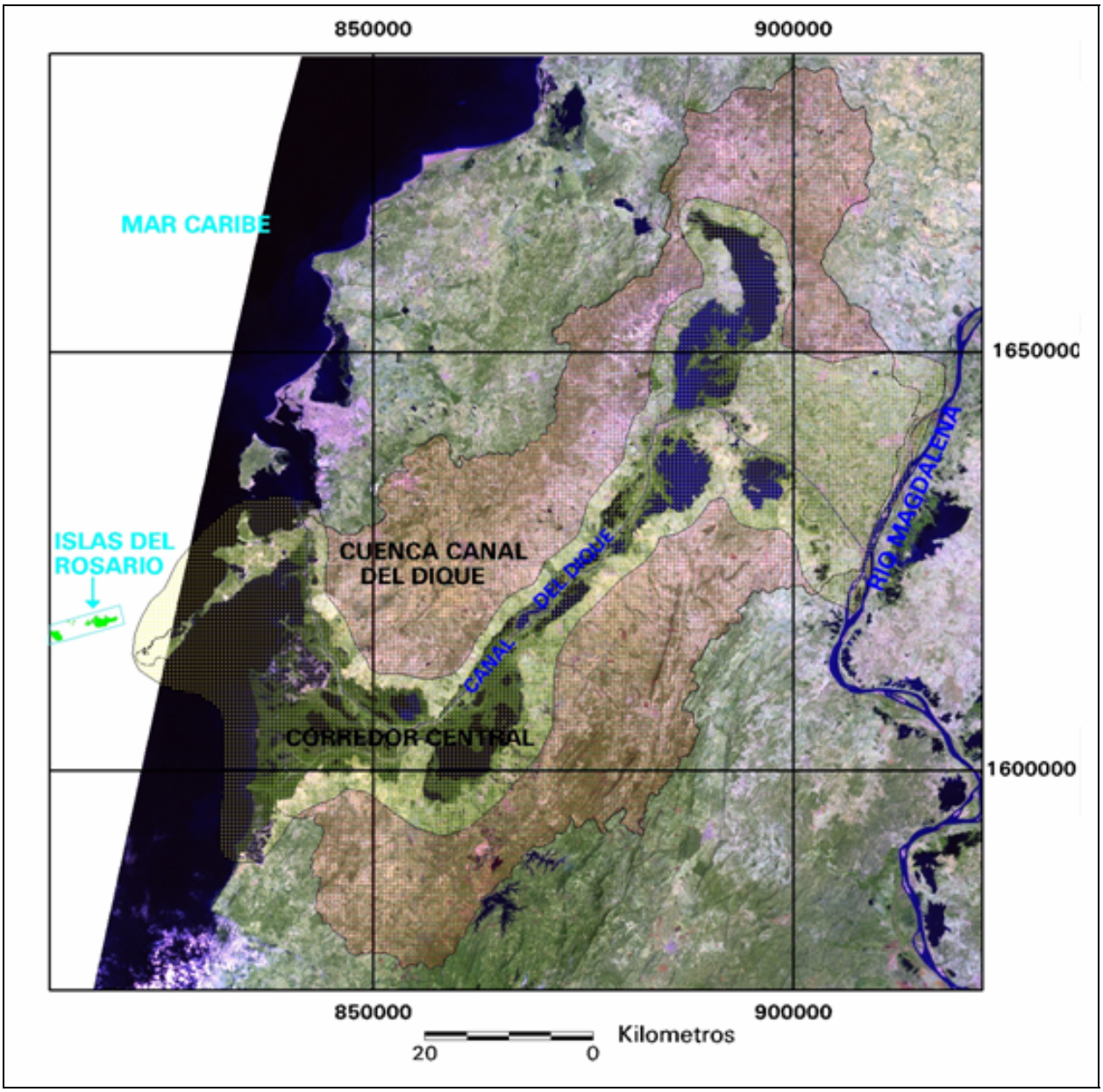



**Figura 8** Localización general del área de la cuenca. Fuente: Universidad del Norte (2003)

## Aspectos Geológicos

Desde el punto de vista geológico, las rocas de la cuenca del Canal del Dique corresponden a materiales del Cuaternario Pleistoceno y Terciario Paleógeno y Neógeno, que están cubiertos de manera parcial depósitos Cuaternarios de baja consolidación (UniNorte (2003). Las características de estas rocas corresponden a areniscas, limolitas, lodolitas, conglomerados y calizas, distribuidos por la cuenca del Dique según se indica en la Figura 6.

## Unidades geológicas

A continuación se resumen las principales unidades establecidas por UniNorte (2003), clasificándolas de acuerdo con el período geológico y haciendo énfasis en los lugares de afloramiento.

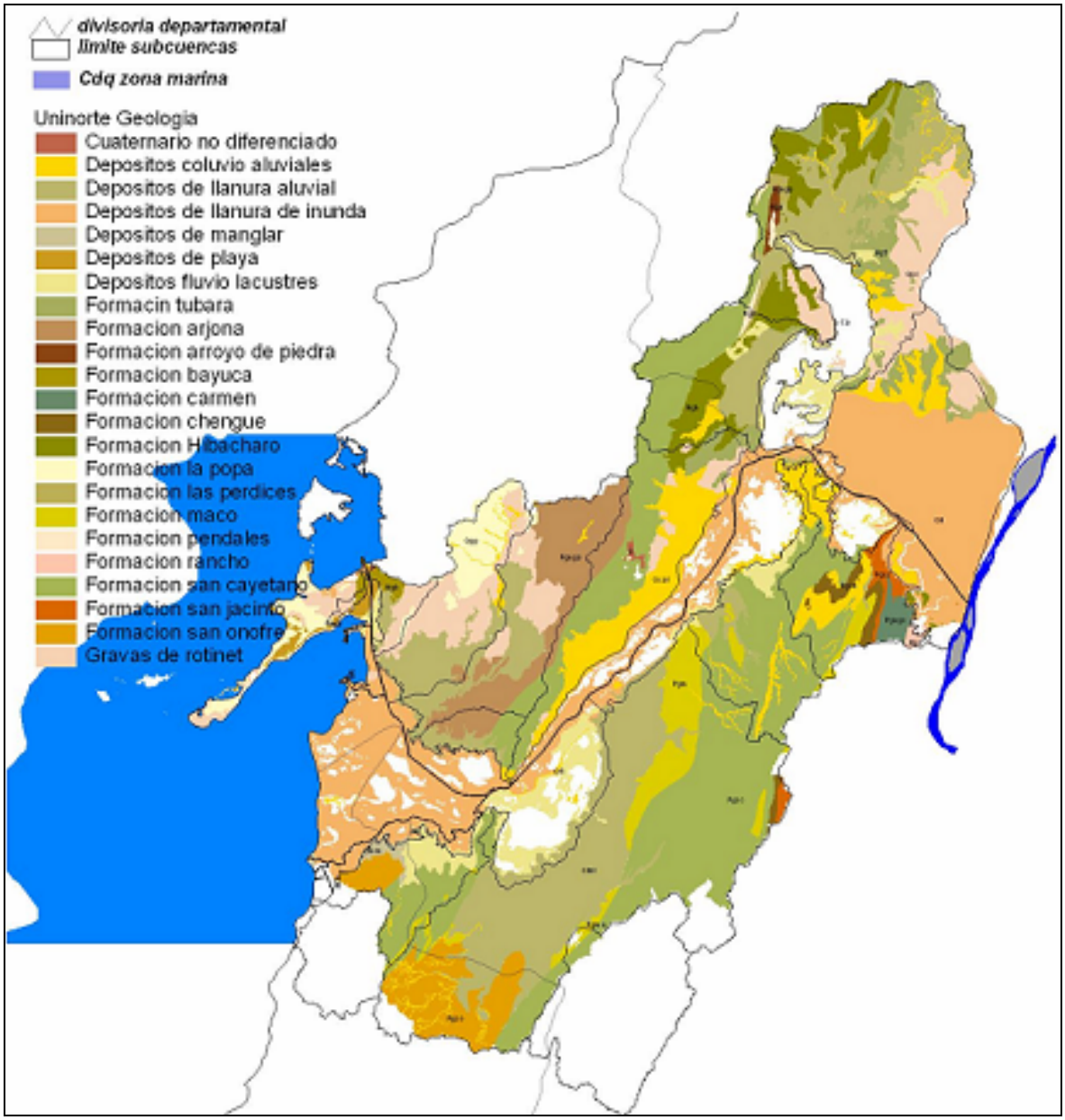



**Figura 9**: Unidades geológicas. Fuente: Universidad de Norte (2003)

- **Unidades del Terciario paleógeno**

**Formación San Cayetano (Pgsc).** Compuesta de capas y bancos que tienen de 0,3 a 2 m de espesor de conglomerados de bloques, areniscas conglomeráticas, areniscas de grano fino color gris verdoso y de composición cuarzo feldespático, con intercalaciones locales de arcillolitas grises oscuras y lodolitas silíceas y chert en capas del orden de los 60 cm, aunque localmente hay niveles de 15 - 20 m de limolita silícea y chert, además de nódulos de caliza de 20 cm. Aflora hacia el costado sur oriental de la cuenca, en las estribaciones de la serranía de San Jacinto, tiene una extensión de 767,5 $Km^2$.

**Formación Arroyo de Piedra (Pga).** Es una secuencia de calizas bioesparíticas compuestas de algas rojas y lodolitas calcáreas con laminación plano paralela y micro fauna. Cubre una superficie de 5,7 $Km^2$.

**Formación Pendales (Pgp).** Corresponde a un conglomerado polimíctico, mal seleccionado, con matriz arenosa con intercalaciones de areniscas de grano grueso líticas. Aflora en el sector norte de las estribaciones de la serranía de San Jacinto y tiene una extensión de 6,2 $Km^2$.

**Formación Maco (Pgm – Pgma).** Tiene unos 500 m de espesor y se compone de bancos de conglomerados arenosos de 1-2 m de espesor con capas de areniscas conglomeráticas a finas con cemento silíceo y de colores grises y amarillos. Los clastos de los conglomerados son de rocas ígneas y de rocas sedimentarias tipo chert con tamaños de 3 a 50 cm (Reyes et al., 1996). Hacia la parte superior y gradando lateralmente, se presenta una alternancia de capas de limolitas y areniscas arcillolitas amarillas en capas del orden de 10 a 50 cm. Aflora en la parte central de la cuenca y ocupa un área de 117,6 $Km^2$.

**Formación Chengue (Pgch).** Presenta franjas y lentes de 0,5 a 1,5 km de ancho por el costado oriental de los montes de María, aflorando en la cuenca en los municipios de Arroyo Hondo y Calamar. Puede alcanzar los 300 m de espesor y está conformada por calizas algáceas de color amarillo claro, con interdigitaciones de lodolitas y areniscas líticas calcáreas. Localmente predominan las lodolitas líticas en capas de 20 cm y de colores amarillo verdoso y gris rojizo. Tiene una extensión de 21,5 $Km^2$.

**Formación San Jacinto (Pgsj).** Aflora en el costado oriental de los montes de María dispuesta a manera de franjas de 1-2 km de ancho y de dirección SW - NE, cruzando por la localidad de San Jacinto. Se compone de capas gruesas de areniscas (grano medio a grueso, color amarillo pardusco), con intercalaciones lenticulares de arcillolitas arenosas amarillas. Hacia la base existen capas gruesas (1-2 m de espesor) de conglomerados con guijos y guijarros de granodiorita, chert, cuarzo lechoso y filitas (Duque et al., 1991). Tiene una extensión de 19,3 $Km^2$.

**Formación San Onofre (Pgso).** Está compuesta de areniscas cuarzosas de color gris amarillo, de grano fino a medio, interestratificadas con lentes de areniscas conglomeráticas con clastos de arcillolitas grises hacia la base, areniscas de grano grueso conglomeráticas con granos subangulares de cuarzo, líticos y feldespatos, en una matriz arcillosa, en capas medias con estratificación plano paralela, interestratificación de lodolitas de color gris verdoso en capas de 50-60 cm. Con niveles de 10-20 cm de areniscas cuarzosas en una matriz arcillosa. Aflora en la parte sur de la cuenca y ocupa 118,7 $Km^2$.

**Formación Arjona (PgNga).** Alcanza espesores de hasta 1.200 m, constituida por una secuencia de arcillolitas y limolitas interestratificadas con areniscas cuarzo-feldespáticas en capas gruesas y medianas (0,2 a 3 m de espesor) de color pardo amarillento. Localmente se presentan hacia la base niveles de chert radiolarítico y niveles delgados de calizas micríticas, además de concreciones métricas de composición calcárea y también arcillolítica. Aflora en el sector norte del Embalse El Guájaro y cubre una superficie de 161,3 $Km^2$.

**Formación Las Perdices (PgNgp).** Consta de lodolitas grises, en capas laminares y de consistencia fisible, con intercalaciones de areniscas de grano fino, en capas delgadas. Aflora en pequeñas áreas a lo largo de la zona de estudio y cubre una superficie de 8,5 $Km^2$.

**Formación Carmen (PgNgc).** Esta formación alcanza los 1.200 m de espesor y consta principalmente de arcillolitas de color gris oscuro y parduzco con niveles localmente delgados de areniscas pardo amarillento de grano fino a grueso. Se destaca la presencia de un nivel de arenisca calcárea de grano medio a grueso, localmente conglomerática, de 35 a 75 m de espesor presente al occidente de la localidad del Carmen de Bolívar. Aflora en cercanías del río Magdalena y cubre una superficie de 16,5 $Km^2$.

- **Rocas del terciario – Neógeno**

**Formación Rancho (Ngr).** Tiene unos 800 m, de espesor y predominan las areniscas cuarzo feldespáticos (grano fino a medio, color verde oliva claro), con interestratificaciones de arcillolitas en capas gruesas de 1 -2 m y del mismo color. Hacia la base se reporta la presencia de un nivel de caliza clástica, llamada Calizas de Barcelona, que se extiende desde San Jacinto hasta el Carmen de Bolívar (Duque et.al., 1991). Esta unidad tiene una extensión de 4,5 $Km^2$.

**Formación Hibachazo (Ngh).** Su espesor general es de unos 800 m; se compone de intercalaciones de arcillolitas y limolitas en capas de 5 a 60 cm de espesor, con areniscas medias, de grano fino a conglomerático de color amarillo y localmente niveles delgados de calizas de color amarillo claro. Es común la ocurrencia de yeso diseminado en las rocas al igual que los fósiles. Aflora en la parte norte en las estribaciones de la Serranía de San Jacinto y cubre un área de 148,3 $Km^2$.

**Formación Tubará (Ngt).** Se compone de areniscas grises amarillentas de grano medio a conglomerático, dispuestas en capas gruesas, con unos 300 a 400 m de espesor; es común la presencia de abundantes fragmentos de conchas de bivalvos y gasterópodos y de nódulos de arenisca calcárea de color gris. Localmente tiene intercalaciones delgadas y discontinuas de arcillolitas grises oscuras. Afloran muy cerca de la unidad anterior y ocupan 129,3 $Km^2$.

**Formación Bayunca (Ngb).** Su espesor es de unos 500 m; hacia la base se constituye de arcillolitas grises oscuras con intercalaciones de areniscas arcillosas muy finas, donde es común la presencia de yeso diseminado y en capas hasta de 120 cm de espesor. En la parte intermedia predominan las capas gruesas de areniscas (0,5 a 1 m de espesor), parduzcas y muy friables con intercalaciones de arcillolitas grises, y hacia la parte superior, son más comunes las arcillolitas y limolitas en capas finas (5 a 100 cm), localmente con abundancia de grava.

- **Rocas del Cuaternario Pleistoceno**

**Formación la Popa (Qpp).** Conforma una plataforma entre los municipios de Turbaco y Turbana; se presenta localmente como bloques aislados, diseminados en los territorios de estos municipios, con un espesor de 100 m en la zona de estudio. Está conformada por bancos de calizas arrecifales de 3 a 4 m de espesor y color amarillo crema, localmente muy compactas y areniscas calcáreas pardo amarillentas con delgadas capas de arcillolitas calcáreas de colores grises y amarillos. Hacia la parte superior y dependiendo del grado de meteorización, las calizas presentan aspecto terroso y poroso. Afloran cerca de la desembocadura del Canal del Dique y ocupan un área de 90,2 $Km^2$.

**Formación Gravas de Rotinet (Qpr).** Alcanza los 70 m de espesor y está constituida de gravas, arenas y localmente intercalaciones de arcillas. Las gravas se componen principalmente de chert negro y marrón, cuarzo lechoso y fragmentos ígneos. Afloran en cercanías a la población que lleva su nombre, cubre una superficie de 308,8 $Km^2$.

- **Depósitos inconsolidados del Cuaternario**

**Depósitos de llanura costera (Qlc).** Son depósitos marinos de llanuras de inundación de marismas recientes y subrecientes, compuestos por material fino (limos y arenas) y orgánico con presencia de sales y nivel freático muy superficial. Están en la zona donde el Canal del Dique contacta con el mar y ocupa 0,2 $Km^2$.

**Depósitos eólicos (Qe).** Tienen morfología de dunas (ondulada) y se componen de arenas finas y limos. Estos depósitos cubren un área de 0,1 $Km^2$.

**Depósitos de playa (Qmp).** Son depósitos marinos y, en algunos casos, de cauces menores. Se componen de arenas, limos y lodos calcáreos y abundante material fino. Están a lo largo de la bahía de Barbacoas y cubren una extensión de 17,1 $Km^2$.

**Depósitos de llanura de inundación (Qli).** Son materiales de limos, arcillas orgánicas que se presentan compactos y estables, localizados sobre planicies o valles fluvio-lacustres no activos (no asociados a zonas de ciénagas). Predominan a lo largo del Canal del Dique 717 $Km^2$.

**Depósitos de manglar (Qmm).** Tienen altos contenidos de materia orgánica y turba, formada por la descomposición de la vegetación de mangle.
**Depósitos fluviolacustres (Qfl).** Se componen de arcillas orgánicas con niveles de limos y localmente capas de arenas finas, asociadas con valles fluvio-lacustres amplios. Son materiales moderadamente compactos.

**Depósitos de llanura aluvial (Qlal).** Sus materiales son limos, arenas finas y niveles de arcillas, originados por antiguos cursos del río Magdalena y de otros cauces, que actualmente se presentan mas compactos y de consistencia moderadamente dura a dura. Aflora en la planicie aluvial que limita el cauce mayor del río Magdalena, en cercanías a Calamar.

**Depósitos coluvioaluviales (Qcal).** Representan materiales aluviales de cauces menores como cañadas y quebradas, entremezclados con materiales de ladera de tipo coluvial y derrubios. Incluyen fragmentos de rocas sedimentarias como areniscas, limolitas o lodositas, de bordes redondeados (aluviales) y angulares (coluviales), dispersos o sobre una matriz arenosa a areno limosa. Se pueden diferenciar depósitos de abanico coluvio-aluvial y depósitos coluvio-aluviales.

**Geología Estructural**

Como ya se mencionó, el área de la cuenca está incluida en

los dos sistemas montañosos relacionados con los Cinturones de San Jacinto y del Sinú. En el primero de ellos, el anticlinorio de San Jacinto está definido por estructuras geológicas (anticlinales y sinclinales) muy apretados y alargadas en dirección N20°E. El fracturamiento regional se asocia a fallas inversas paralelas a la dirección estructural general del área determinando una morfología montañosa de crestas y escarpes que localmente aparecen muy pronunciados, con valles intramontanos muy angostos. Fuera ya de la cuenca, en el flanco Este de los Montes de María (oriente de San Juan, El Carmen y San Jacinto), la complejidad estructural se suaviza en una zona monoclinal hasta el río Magdalena, generando una morfología colinada con cuestas y lomas suavemente onduladas, interrumpida muy localmente por crestas de rocas competentes.

El cinturón del Sinú, en el extremo NW de la cuenca, presenta una complejidad estructural menor, frente al cinturón de San Jacinto. Esta complejidad se asocia a la generación de pliegues anticlinales y sinclinales de poca extensión como producto del "diapirísmo de lodos". En su costado oriental (municipios de Villanueva y Arjona), ocurren fallamientos inversos en direcciones NE y NW que imprimen una mayor complejidad estructural y definen una morfología de montañas y lomas onduladas, interrumpidas únicamente por algunas pequeñas colinas escarpadas, asociadas a las calizas arrecifales de la Formación Popa.

## Aspectos Geomorfológicos

El paisaje es el resultado de la acción de los procesos endógenos (sismos, levantamientos tectónicos, vulcanismo) y exógenos (lluvias, huracanes, erosión, ríos), cuyos efectos imprimen al terreno formas específicas de acuerdo a las características intrínsecas del lugar. Las geoformas son la expresión del relieve resultante de los procesos, del tipo de material sobre el cual se tuvieron lugar (composición y estructura del terreno), de los procesos relacionados con la expresión dinámica de estos materiales en superficie (erosión y sedimentación según el ambiente) y el tiempo que duró la acción de dichos procesos, (INGEOMINAS – CARDIQUE, 1999).

De acuerdo con UniNorte (2003), desde el punto de vista geomorfológico el área de la cuenca pertenece a la provincia fisiográfica Cuenca del Canal del Dique, que incluye las subprovincias fisiográficas del delta del Canal del Dique, la península de Barbacoas, las estribaciones de la Serranía de San Jacinto y la Serranía de San Jacinto. Con base en la génesis se definieron 8 unidades de gran paisaje como fluvio marino deltáico, fluvial, fluvio lacustre, marino peninsular, denudacional fluvial, denudacional, denudacional estructural y eólico. También fueron incluidas algunas formas de origen antrópico (Figura 10).

**Provincia geomorfológica de la cuenca del Canal del Dique**

Comprende toda la hoya hidrográfica del Canal del Dique desde su derivación del río Magdalena en Calamar hasta su desembocadura en el mar Caribe en el sitio de Pasacaballos. Presenta extensas llanuras de inundación con un complejo de zonas de ciénagas y tres zonas discriminadas así:

- Alto Canal del Dique, con extensión de 540,4 $Km^2$
- Zona central, con extensión de 351,2 $Km^2$
- Delta del Canal del Dique, con extensión de 311,7 $Km^2$

Esta zona central está rodeada de cerros y montañas pertenecientes a la serranía de San Jacinto al oriente, con una extensión de 1596,39 $Km^2$, a las estribaciones de esta misma serranía, hacia el occidente, con una superficie de 1212,63 $Km^2$; presentando un complejo sistema de formas de origen denudacional y denudacional estructural; y la Península de Barbacoas que ocupa 67,8 $Km^2$, que incluye colinas y pequeñas zonas de planicie.

A continuación se hace una descripción de cada una de las unidades de paisaje fisiográfico de acuerdo con la unidad genética de relieve a la que pertenece.

- **Unidades de origen fluvio-marino-deltáico**

**Delta del Canal del Dique.** Al SW de la cuenca está la zona del delta del Canal del Dique, con abundante drenaje y gran cantidad de cuerpos de agua. Limitada por una llanura o zona de transición entre un ambiente fluvio lacustre y marino.

**Terraza marina (Fmdtz).** Se compone de restos de corales y se define como una zona plana en la superficie y escarpada en por lo menos uno de sus costados. Cubre un área de 8,0 $Km^2$.

- **Unidades de origen fluvial**

Estas unidades de ambiente fluvial se relacionan principalmente con el río Magdalena.

**Paleocauces (Fcmpc).** Son cauces antiguos del río Magdalena localizados en el alto Canal del Dique, con un área aproximada de 5,5 $km^2$.

**Terraza aluvial media (Fdtzm).** Tienen forma escarpada en alguno de sus bordes y una morfología plana en la parte superior. Son terrazas medias por corresponder a un nivel intermedio de sedimentación del río; sus materiales son

heterométricos en forma de capas o lentes. En área, ocupan una superficie de 0,8 $Km^2$.

- **Unidades de origen fluviolacustre**

**Isla de ciénaga (Flcic).** Agrupa todas las islas del complejo de ciénagas de la cuenca del Canal del Dique, muy susceptibles a los cambios y varían en épocas de aguas altas y bajas. Ocupan 6,5 $Km^2$ del área total de la cuenca.

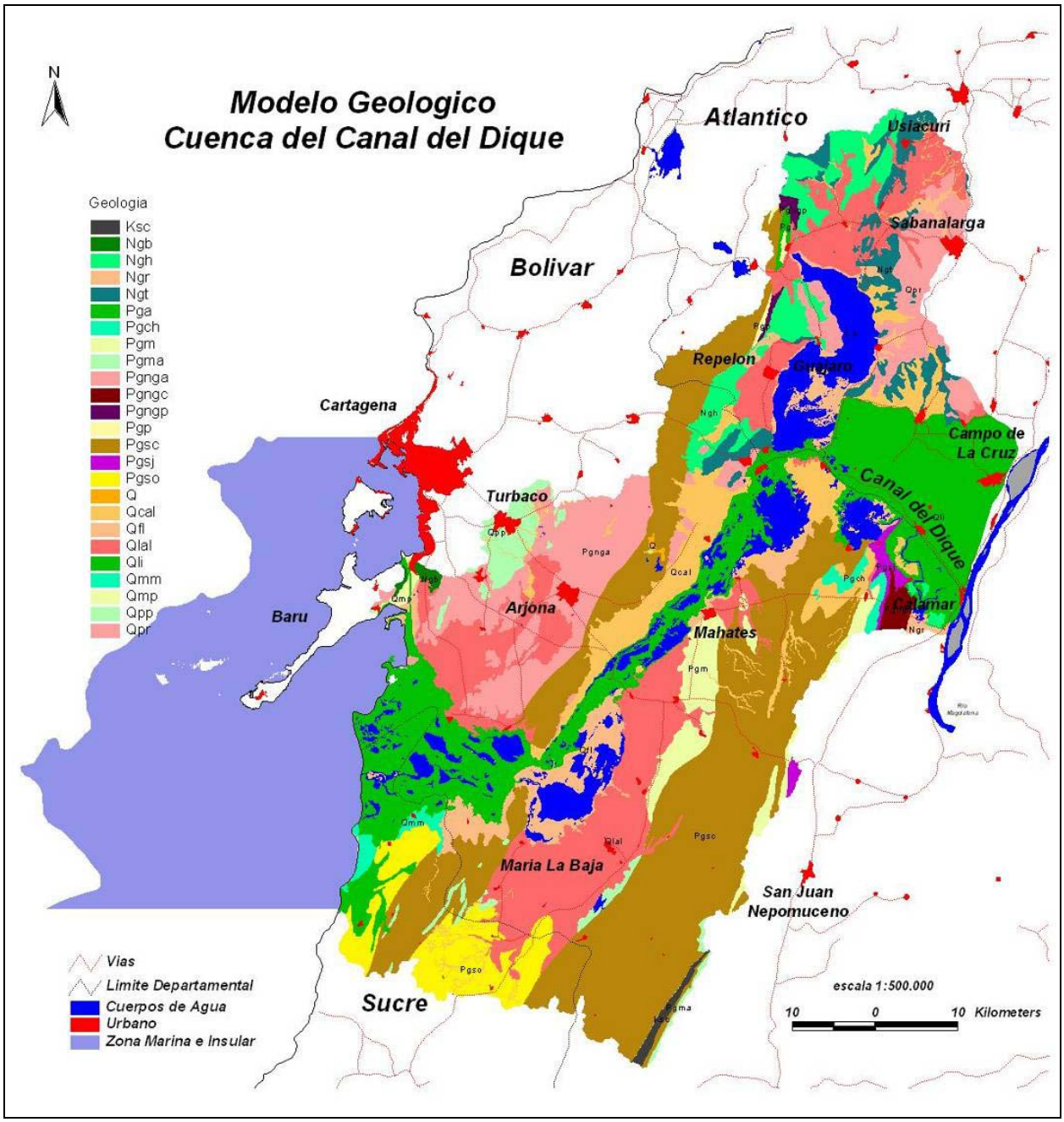



**Figura 10**: Unidades Geomorfológicas. Fuente: Universidad de Norte (2003)

**Llanura de inundación (Flcll).** Son áreas bajas de superficies plano cóncavas que sirven de amortiguamiento a las zonas de ciénagas. Existe una gran área en la zona central del Canal del Dique, caracterizada por ser baja y de inundación frecuente. En estas llanuras se presentan pequeñas irregularidades del terreno por acumulaciones de material arcilloso y limoso formando algunas veces pequeños montículos. Cubre un área de 858,8 $Km^2$.

**Llanura aluvial (Flla).** Esta llanura de inundación se ubica en la parte central de la cuenca, representada por una zona baja de depositación de los sedimentos del río; ocupa un área de 75,6 $Km^2$.

- **Unidades de origen marino peninsular**

Hace referencia a la península de Barbacoas, con geoformas de origen marino y eventuales también formas denudacionales. Sus suelos tienen altos contenidos de sal por la influencia marina en la zona. Desarrollar una morfología plana, con depresiones ocupadas por cuerpos de agua marino-lacustre o marismas, algunos de los cuales presentan alta sedimentación.

**Marisma (Mpma).** Son áreas de influencia marina sobre la zona continental y al nivel del mar. Se separan del mar por un cordón litoral que regula la entrada de agua salada. Algunos sectores tienen alta sedimentación. Ocupa 12,2 $Km^2$.

**Colinas bajas en península (Mpas).** Son pequeñas zonas localizadas a lo largo de la península de Barbacoas que evidencian alta sedimentación. Ocupan una superficie de 55,8 $Km^2$.

- **Unidades de origen denudacional fluvial**

Son zonas con influencia fluvial donde ocurren procesos denudativos de acumulación. Se localizan en la serranía de San Jacinto y en sus estribaciones.

**Abanico coluvioaluvial (Dfac).** Estos depósitos tienen forma de cono o abanico y textura de flujo, localizados en inmediaciones de la ciénaga de Maria la Baja. Ocupa un área de 15,5 $Km^2$.

**Planicie aluvial (Dfpa).** Constituye la planicie por donde los cauces han recorrido y han depositado sus crecientes, presenta una altitud baja y se desarrolla sobre depósitos aluviales y fluviolacustres. Tiene una extensión de 151,8 $Km^2$.

**Cañones (Dfcñ).** Es el cauce mayor profundo labrado por el drenaje. Predominan hacia el norte de las estribaciones de la serranía de San Jacinto, con una extensión de 66,3 $Km^2$

- **Unidades de origen denudacional**

Son geoformas desarrolladas por procesos denudacionales normales como meteorización, intemperismo y erosión.

**Colinas bajas moderadamente irregulares (Dcb).** Son laderas y colinas de forma alargadas ligeramente onduladas y pendientes suavemente inclinadas a inclinadas (5˚- 10˚), localizadas en la región de piedemonte en la base colinada de la margen derecha en la zona central del Canal del Dique. Desarrollan un patrón de drenaje subdrendrítico a subrectangular, moderadamente denso. Ocupan un área de 275,07 $km^2$. También se observan colinas bajas irregulares (Dcbi) que cubren 61,4 $Km^2$.

**Colina altamente disectada (Dcad).** Representa colinas aisladas altamente disectadas y denudadas, con patrón de drenaje subdrendrítico. Están distribuidas a lo largo de toda la cuenca y cubren una superficie total de 320,6 $km^2$.

**Colinas denudadas irregulares (Dci).** Se presentan en mayor proporción en las estribaciones de la serranía de San Jacinto, en cercanías del embalse El Guájaro, con alturas máximas de 100 msnm, de formas geométricas, que constituyen un relieve irregular de colinas con pendientes moderadamente abruptas (15°- 30°). Cubren una superficie total de 361,2 $km^2$. Los depósitos cuaternarios presentes en estas áreas son de diferente origen y composición: costero, eólico, marino, fluvio lacustre, aluvial y coluvial, que ocupan el 43,63% del área de estudio.

**Laderas de piedemonte (Dclp).** Son laderas bajas constituidas por materiales coluviales que forman conos, abanico y pie de laderas con pendiente moderadamente inclinadas a abruptas. Tiene una extensión de 258,5 $Km^2$.

**Colinas suavemente onduladas (Dco).** Se presentan al E y al W de la cuenca como un relieve de colinas amplias, suavemente onduladas poco disectadas, moderadamente inclinadas a inclinadas, con un patrón de drenaje de tipo subdrendrítico. Esta unidad cubre un área total de 48,5$km^2$. Ver Figura 10.

**Morfología plana a suavemente ondulada (Dcpo).** Se presenta al SE y W del área y cubre una extensa superficie de 499,2 $km^2$.

**Glacis o pedimentos (Dcgp).** Son superficies suavemente inclinadas (0°-7°) en los piedemontes de las zonas montañosas. Su origen se asocia a procesos diferenciales de denudación y acumulación de sedimentos por efectos de erosión intensa en climas áridos a semiáridos. En la cuenca se evidencia la peneplanización de la zona montañosa, conformando una ladera de forma cóncava de 3° a 7° en rocas arenosas de la Formación Maco. Los sedimentos que

resultan del proceso se acumulan en la parte más baja de la ladera. Cubren una superficie de 12,8 $Km^2$.

- **Unidades de origen denudacional estructural**

Estas unidades son desarrolladas por estructuras geológicas (fallas, pliegues, etc.) y procesos denudativos.

**Cuesta estructural (Sdce).** En un cerro es la zona menos escarpada. Sobre la cuenca están hacia el costado NW en las estribaciones de la serranía de San Jacinto y en la zona SE en la serranía. Ocupan 52,27 $Km^2$.

**Escarpe estructural (Sdee).** Es la parte más escarpada de un cerro, junto a la unidad anterior y se presentan en las mismas zonas de la cuenca. Cubren un área de 25,93 $Km^2$.

**Colinas irregulares controladas por fallas (Sdcif).** Se presentan en los costados W y E de la cuenca, en la serranía y estribaciones de San Jacinto. Son cadenas de colinas de poca amplitud, laderas rectas y formas irregulares controladas por fracturas y fallas. Desarrollan un patrón de drenaje subparalelo a subdrendrítico. Esta unidad cubre una superficie total de 85,12 $km^2$.

**Colinas irregulares controladas por pliegues (Sdcip).** Son cadenas de colinas de poca amplitud, laderas rectas y formas irregulares controladas por pliegues, sobre los mismos sectores de la unidad anterior. Cubre un área de 82,3 $km^2$.

**Depresión tectónica por fallamiento (Sddt).** Es una depresión morfológica de alineamiento S-N limitada por laderas controladas por fallas. Ocupa 6,09 $km^2$.

**Cerros estructurales asociados a pliegues (Sdcpl).** Se trata de formas de cerros con pendientes estructurales con alta inclinación que convergen a un eje central y presentan en su parte central una zona de relieve bajo. En la cuenca se ubican en el sector SE de la Serranía de San Jacinto. Ocupa 339,4 $km^2$.

**Cerros estructurales asociados a fallas (Sdcf).** Se encuentran en el sector SE de la Serranía de San Jacinto. Se evidencian mediante lineamientos con pendientes estructurales altas y presentando, como la unidad anterior, una zona de relieve bajo. Esta unidad cubre una superficie de 33,9 $km^2$.

- **Unidades de origen diapírico volcánico**

**Volcanes de lodo.** Son prominencias topográficas aisladas, con formas cónicas de 1,0 a 1,5 km de base y de 50 a 80 m de altura, cuya génesis está asociada a levantamientos generados por efecto de la presión que ejercen las arcillas y los gases sobre presionados en profundidad. Presentan laderas convexas con bocas y ventosas para expulsión de lodo y gas; se presentan en forma aislada al NE de María La Baja. También los hay de bocas de 0,2 a 1,5 m de diámetro, algunas veces con formas cónicas de hasta de 20 m de altura, como el llamado *volcán de lodo* del Totumo. Son visitados por el turismo, aunque constituyan una amenaza geológica que se debe evaluar. Ocupa una superficie de 0,9 $Km^2$.

- **Unidades de origen eólico**

Están constituidas por franjas de arena y grava existentes en la interfase mar – continente, originados por la dinámica costera y la actividad del viento. Las dunas son del tipo *barjan* y alcanzan alturas de 3 a 5 m. Cubren un área de 23,83 $Km^2$.

**Formas de Influencia Antrópica (Ar)**

Algunas formas de origen o con intervención antrópica fueron identificados como zonas urbanas (Aru) generalizadas en los centros poblados de la cuenca del Canal del Dique y el canal fluvial (Arc) como el Canal del Dique.

### Condiciones de la Pendiente

La pendiente es el ángulo que forma una ladera respecto a un plano horizontal imaginario, que fue determinado por UniNorte (2003) como un componente para estimar la susceptibilidad a la erosión en la cuenca. De los resultados, se deriva que el relieve en más de la mitad de la cuenca es plano y con suaves ondulaciones (Tabla 1) que se van haciendo más pronunciadas a medida que se llega a las divisorias de aguas (Figura 8).

**Tabla 1**: Intervalos de inclinación de la pendiente

| Inclinación (Grados) | Descripción | Área ($km^2$) | Fracción de área (%) |
|---|---|---|---|
| 0° | Plana | 1526,6 | 38,0 |
| 1° - 5° | Levemente inclinada | 1083,2 | 26,0 |
| 6° - 15° | Inclinada | 545,8 | 13,0 |
| 16° - 30° | Altamente inclinada | 539,6 | 13,0 |
| 31° - 45° | Abrupta | 305,5 | 7,0 |
| > 45° | Escarpada | 135,4 | 3,0 |

Fuente: Universidad del Norte (2003)

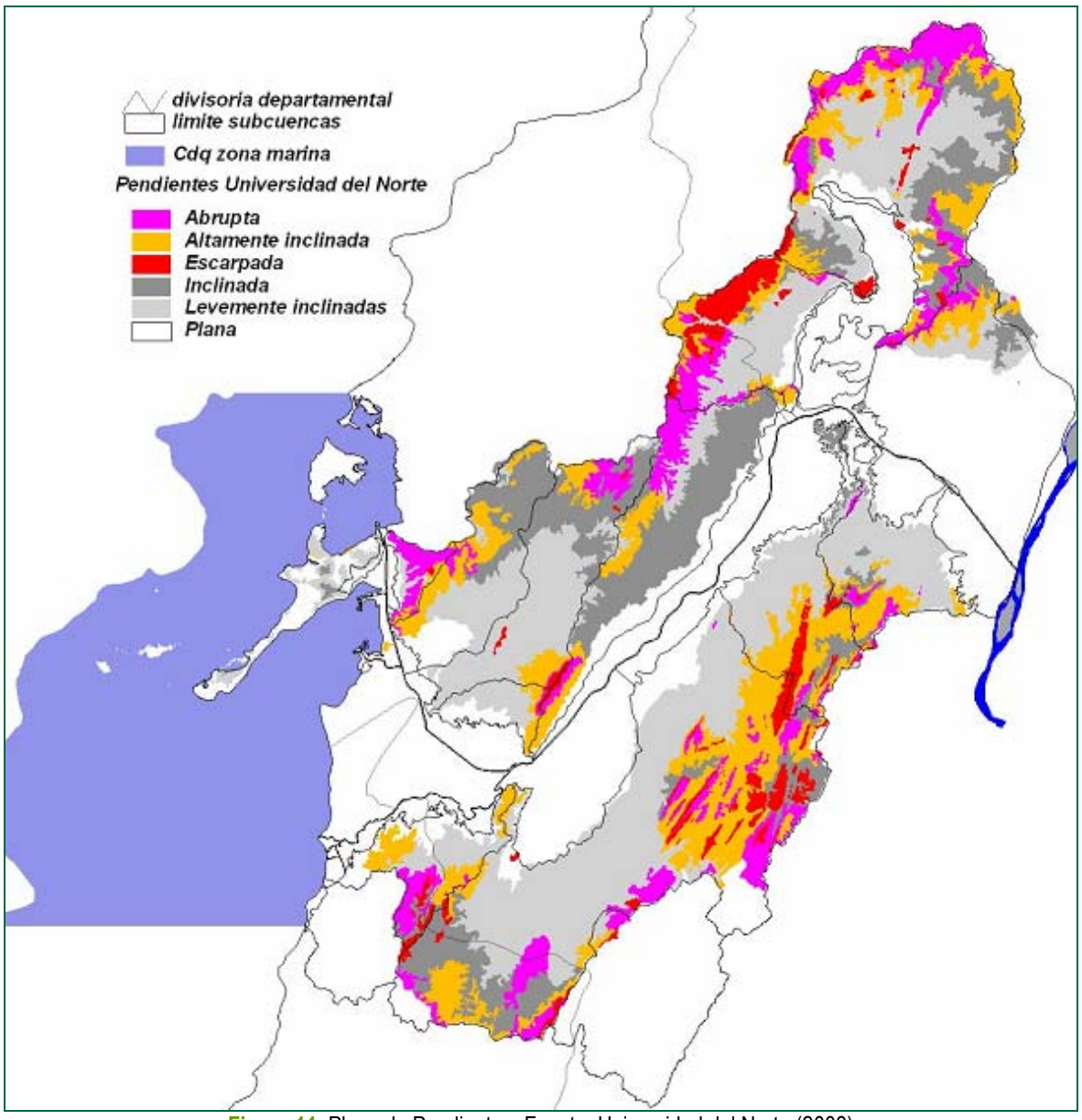



**Figura 11**: Plano de Pendientes. Fuente: Universidad del Norte (2003)

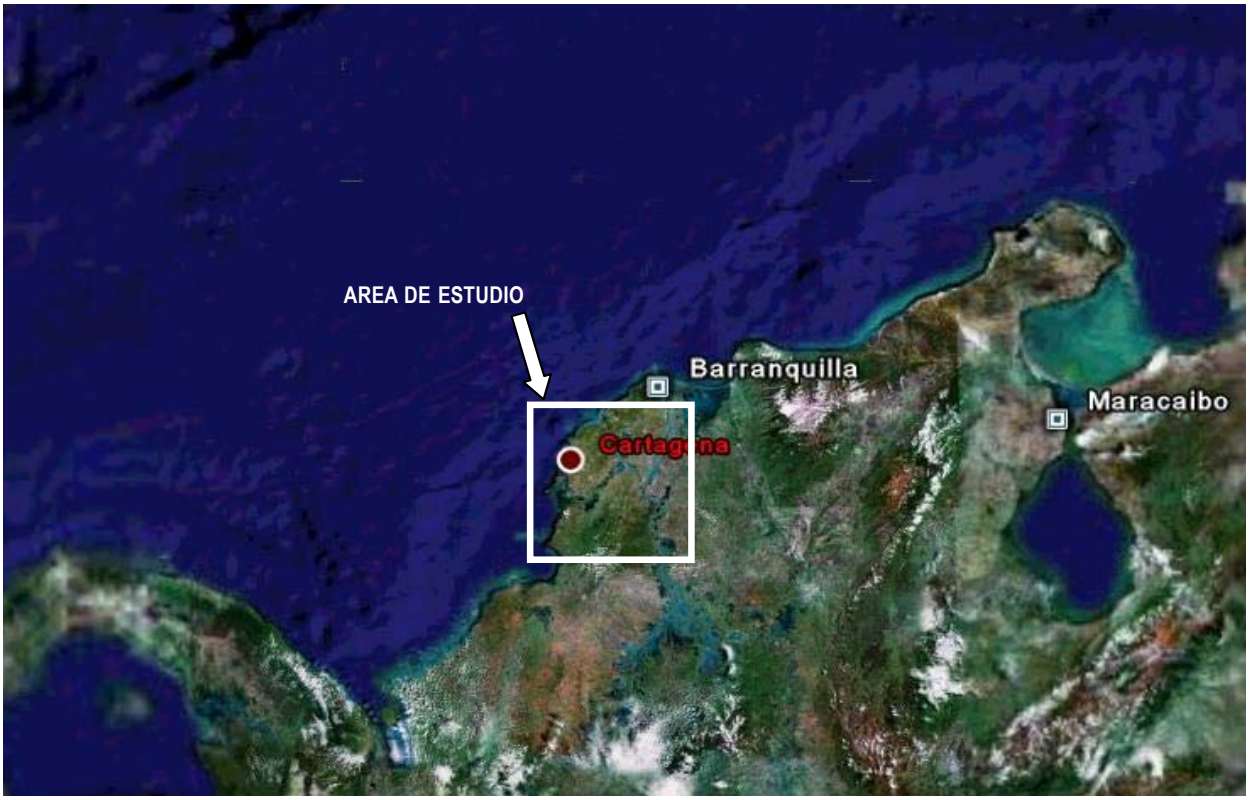



**Figura 12**: Localización general de la cuenca. Fuente: Google Hearth. Imágenes 2006 NASA, TerraMetric

## Sistema Hídrico

La cuenca hidrográfica del canal del Dique se encuentra en el extremo Norte del curso del río Magdalena, sobre la zona deltáica de su desembocadura en el mar Caribe (Figura 9). Su extensión es de unos 4400 km$^2$ y se ubica entre las coordenadas geográficas 9°45' y 10°45' de latitud Norte y los 74°45' y 75°30' de longitud Oeste. Hacia el Norte se extiende hasta la serranía de Piojó, en el Departamento del Atlántico, y hacia el Sur hasta la serranía de San Jacinto, en el Departamento de Bolívar. Por el Oriente limita con el río Magdalena, donde se origina el canal del Dique, y por el Oeste con el mar Caribe, en donde desemboca a través de varias bocas. De acuerdo con estudios de CORMAGDALENA[3], el área del canal correspondió en épocas pasadas, a un antiguo brazo marino del río Magdalena, cuando desembocaba por la región de la Guajira, que luego de grandes cambios geológicos labró su cauce hacia la bahía que se formaba entre lo que hoy es el triángulo Calamar – Sierra Nevada de Santa Marta – Barranquilla.

El brazo marino hacia el oeste, que hoy sería el corredor Calamar - bahía de Barbacoas, cobró fuerza por la acción propia de la dinámica fluvial del río y se convirtió en una de sus desembocaduras. Con el tiempo, todo el sistema de bajos y lagunas sufrieron procesos de sedimentación perdiéndose la conexión permanente con el río y sólo recibían aportes por desbordamientos durante las crecidas del río. Este sistema lagunar fue interconectado desde el río Magdalena hasta la bahía de Barbacoas en el año de 1650 para proveer una vía acuática de comunicación para el transporte entre la costa Caribe y el interior del país, que ha sido modificada, alineada y ampliada en los siglos subsiguientes y es lo que se conoce hoy con el nombre de Canal del Dique.

Unos 1600 km$^2$ de la cuenca están constituidos por una zona baja y plana adyacente al curso de la canal, demarcada por la cota 10 m y con anchuras entre 3 y 25 km. Por encima de esta cota, el terreno se vuelve ondulado y asciende a las serranías, cuya mayor altura está en el cerro Guayabal (566 mnsm) a unos 10 km al oriente de

[3] A través del Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de Las Flores, CORMAGDALENA realizó entre 1999 y 2000 el estudio *Plan de restauración ambiental de los ecosistemas degradados del área de influencia del canal del Dique. Estudio de Factibilidad e Impacto Ambiental*. Participaron La Universidad del Norte, la firma Brown & Root, del Grupo Halliburton, el U.S. Army Corps of _Engineers, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH y la Fundación Biocolombia.

Malagana, municipio de Mahates, en el Departamento de Bolívar (CARINSA & INCOPLAN, 1993)[4].

### Información Básica

Debido a los problemas de sedimentación generados por el material que transporta el Canal del Dique, en las bahías de Cartagena y Barbacoas, especialmente en la primera, y en el sistema de ciénagas asociadas, el Gobierno Nacional, a través de CORMAGDALENA, ha tomado la decisión de resolver estos problemas mediante la realización de sucesivos estudios encaminados a proponer una solución de fondo para el control de los sedimentos

Estos estudios han permitido contar con una excelente base informativa ya que se han incluido trabajos e investigación y mediciones de campo. Entre estos estudios están los siguientes:

a) CORMAGDALENA – Laboratorio de Ensayos Hidráulicos Las Flores (LEHLF) – Universidad del Norte, 1997. *Análisis de prefactibilidad sobre la Restauración Ambiental de los Ecosistemas Degradados del Canal del Dique*.

b) CORMAGDALENA - LEHLF, Universidad del Norte, Brown & Root (Grupo Halliburton), U.S. Army Corps of Engineers, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Fundación Biocolombia. 2000. *Plan de restauración ambiental de los ecosistemas degradados del área de influencia del canal del Dique. Estudio de Factibilidad e Impacto Ambiental.*

c) Universidad del Norte. 2003. *Fase I Plan de Restauración Ambiental de los Ecosistemas Degradados del Canal del Dique*. Incluyó una amplia gama de estudios sobre la Eco-región Canal del Dique, como la actualización de la información de hidrosedimentología del canal, la preparación de una línea base y zonificación ambiental de la cuenca hidrográfica, y otros temas sobre la calidad del agua y la actividad de la pesca en la región. La Universidad del Norte entregó los resultados en 5 grandes apartes, organizados de la siguiente manera:

- Proyecto 6.1.1 Línea base ambiental del Canal del Dique y de las Bahías de Cartagena y Barbacoas.
- Proyecto 6.1.2 Ordenación y Plan de manejo del recurso hídrico en el área del hidrosistema continental del Canal del Dique. Fase 1.
- Proyecto 6.1.3 Monitoreo de la calidad de agua y sedimentos en el Canal del Dique y su sistema cenagoso.
- Proyecto 6.1.4 Caracterización de la actividad pesquera en el Canal del Dique. Fase I Alto y medio Canal del Dique.
- Proyecto 6.1.5 Estudios faltantes para elaboración de términos de referencia para estudios y diseño definitivo de ingeniería básica y evaluaciones ambiéntales de la alternativa IV y articulación interinstitucional.

En la actualidad y en virtud de un convenio interadministrativo suscrito con CORMAGDALENA, la Universidad Nacional de Colombia adelanta la ejecución de los *Estudios e Investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación del canal del Dique,* cuyo alcance debe satisfacer los requerimientos de información establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en su Resolución 0249 del 10 de marzo de 2004[5]. El convenio tiene una duración de 14 meses y está pactado en dos fases de trabajo que se iniciaron a finales del año 2005. Algunos de sus alcances son complementarios con los definidos para el proceso de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, por lo que los contenidos de este informe deben ser revisados a la luz de los resultados obtenidos por la Universidad Nacional para mejorar su calidad y optimizar recursos.

Adicionalmente, se revisaron otros informes técnicos relacionados con el Canal del Dique que complementan los estudios antes mencionados.

- *Dinámica fluvial, deltáica y litoral del Canal del Dique. Bases para la planificación y el desarrollo sostenible*, realizado por la Universidad Nacional para el Ministerio de Medio Ambiente (2002), con base en el Contrato de Préstamo No. 3973 CO, suscrito entre la República de Colombia y el Banco

[4] CARINSA & INCOPLAN. *Actividades de dragado del Canal del Dique. Estudio de Impacto Ambiental*. Ministerio de Obras Públicas – FONADE. Bogotá. 1993

[5] Entre los alcances que se prevén en el convenio para el cumplimiento de la Resolución 0249/2004 del MAVDT están para la Fase I : **a**) Obtención y evaluación de la información básica; **b**) Evaluación socioeconómica y ambiental de la cuenca hidrográfica asociada con el canal del Dique; **c**) Formulación del Plan Maestro de Aguas; **d**) Evaluación de las alternativas de las obras para el manejo de las aguas en la cuenca; **e**) Modelación de las obras y sus efectos sobre el recurso hídrico; **f**) Selección y dimensionamiento de la alternativa de obras más eficientes para el manejo del recurso y, **g**) Gestión técnica consistente en el acompañamiento y asesoramiento que requiere CORMAGDALENA ante el MAVDT para la aprobación del conjunto de obras seleccionadas. Para la Fase II se requiere la elaboración del proyecto de diseño definitivo de las obras que sean recomendadas en la Fase I. El plazo del convenio es de 13 meses y el valor es de $2.870 millones.

Interamericano para la Reconstrucción y Fomento (BIRF) para el Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Urbana (FIGAU) y en desarrollo del convenio con la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello SECAB No. 0077/99 para apoyar al Ministerio del Medio Ambiente y a la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) en la identificación y manejo de problemas ambientales sobre el Canal del Dique y en la toma de decisiones en cuanto al desarrollo de actividades claves que impliquen interacciones rurales y urbanas críticas.

- *Actividades de dragado del Canal del Dique. Estudio de Impacto Ambiental*, por CARINSA & INCOPLAN (1993) para el Ministerio de Obras Públicas y con financiación de FONADE dentro del plan de mantenimiento de vías navegables en el río Magdalena y el Canal del Dique.

Estos informes recogen los estudios más importantes que se han realizado sobre el canal y que serán citados a lo largo del presente informe y que serán reseñados en su oportunidad.

### Subsistemas Hídricos

El sistema hídrico del canal del Dique comprende una serie de subsistemas relacionados y que cumplen una función hidráulica específica de acuerdo con el espacio que ocupan. El primer subsistema es el del propio canal del Dique por cuanto su proveedor principal de agua es el río Magdalena mediante una derivación en la población de Calamar (Bolívar) y, por lo tanto, las variaciones espacio temporales de su descarga siguen el mismo comportamiento del régimen hidrológico del río Magdalena (Figura 10).

El segundo subsistema es el aporte hídrico de las subcuencas que conforman la cuenca general del canal del Dique; entre los arroyos más importantes que drenan al canal desde los Montes de María están el Toro, Corrales, Grande de Mahates, La Puente, San Juan, Songo y Lata, y desde la serranía de Turbaco descargan en el canal arroyos como Caimán, Grande, Quilembe, el Pita, Quitacalzón, Caribaní, Aguas Vivas y Cabildo.

El tercer subsistema está conformado por la red de ciénagas, bajos y playones que reciben los aportes de la mayoría de los arroyos del segundo subsistema, e interactúan con el canal del Dique descargándole los excedentes de los arroyos de la cuenca o recibiendo aportes del canal durante las épocas de crecidas. La conservación de este subsistema es fundamental para la sostenibilidad ambiental de todo el sistema hídrico por el papel que juega en la regulación de crecidas y en el mantenimiento de su actividad biótica.

Aunque la red de ciénagas asociadas al canal está presente hasta su parte baja, se limitó el área de este subsistema hasta la ciénaga de Marialabaja, donde existe un control geológico que la separa de la región deltáica, donde ya se alcanza a sentir la influencia marina. Entre los conjuntos cenagosos más importantes están los de Jobo, Guájaro, Capote, Luisa, La Ceiba, Zarzal, Matuya, Jinete y Marialabaja (CARDIQUE, 2002)[6].

El cuarto subsistema comprende toda la zona deltáica desde el control geológico ya mencionado, sobre el Km 80 del canal, donde se abre en varios brazos o caños, naturales y artificiales que descargan directamente sobre el mar Caribe o sobre las bahías de Barbacoas y de Cartagena. Se destacan los caños Corres, Matunilla y Lequerica y las ciénagas de Juan Gómez, Ranchito, Benítez, Honda, Palotal, Descocotado y de Pablo. Sobre las aguas de las últimas mencionadas se alcanza a sentir ya la influencia marina.

Se puede hablar de un quinto subsistema: el sistema insular frente a la línea de costa de la cuenca hidrográfica, que quedó integrado al área de estudio. Este subsistema lo conforman la isla de Barú, el archipiélago Corales del Rosario y la isla de Tierrabomba. La red de drenaje está conformada por pequeñas corrientes de cauces intermitentes que sólo llevan agua en eventos lluviosos. En las islas de Barú y Tierrabomba pequeñas bahías cerradas y lagunas costeras reciben parte de estas descargas.

#### Subsistema Canal del Dique

Con el fin de dar solución a los problemas del transporte terrestre de carga entre el puerto de Cartagena y el río Magdalena, sobre todo en épocas lluviosas, cuando se hacían intransitables los caminos, el Cabildo de Cartagena de Indias decidió el 23 de octubre/1649 adelantar la construcción de un canal que permitiera el uso de embarcaciones, utilizando una cadena de ciénagas y pantanos ubicados entre la bahía de Barbacoas y el río[7]. Anteriormente varios gobernantes habían intentado sin éxito unir esta serie de bajos que se formó cuando en tiempos muy antiguos constituía una de las desembocaduras del río

[6] CARDIQUE. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR (2002 – 2012). 2002

[7] Esta reseña histórica se elaboró con base en los informes de CARINSA & INCOPLAN (1993), quienes, a su vez, se apoyaron en las publicaciones del historiador Eduardo Lemaitre, y con base en los estudios de *Dinámica fluvial, deltáica y litoral del Canal del Dique. Bases para la planificación y el desarrollo sostenible*, realizado por la Universidad Nacional para el Ministerio de Medio Ambiente (2002).

Magdalena en el mar Caribe, hasta que el Gobernador Don Pedro Zapata de Mendoza propuso al Cabildo estudiar la construcción de la obra. Los estudios estuvieron a cargo de Fray Francisco de Rada y del ingeniero militar Capitán Juan de Semovilla y Texada, quienes presentaron su informe el 19 de enero de 1650 con la recomendación de construir la obra, la cual fue terminada en 6 meses con la participación de 2000 indígenas y esclavos de los encomenderos.

El viaje se iniciaba cruzando la bahía de Cartagena, tomando luego el caño del Estero, que la unía con la bahía de Barbacoas. En esta bahía se continuaba por la Boca de las Calderas hasta la ciénaga de Matunilla, donde se entraba ya al canal construido, y siguiendo aguas arriba por éste se llegaba al río Magdalena, en el sitio donde Mateo Rodríguez había construido una barranca (Figura 11). En los dos siglos siguientes se ocurrieron frecuentes cierres del canal debido, en parte, a deficientes administraciones y, en parte, a las retaliaciones de los propietarios de las mulas que prestaban el servicio del transporte terrestre.

La entrada del canal del Dique desde el río fue modificada en 1844, cuando se abandonó la barranca de Mateo Rodríguez y se construyó un canal recto entre las poblaciones de Calamar y Santa Lucía, diseñado por el ingeniero inglés Ramsey y ejecutado por el ingeniero civil norteamericano G. M. Totten.

Ya en el Siglo XX, se realizaron varias obras de rectificación y ampliación de la sección del canal con el fin de mejorar las condiciones de navegabilidad y de ampliar la capacidad de carga de los remolcadores y planchones acompañantes

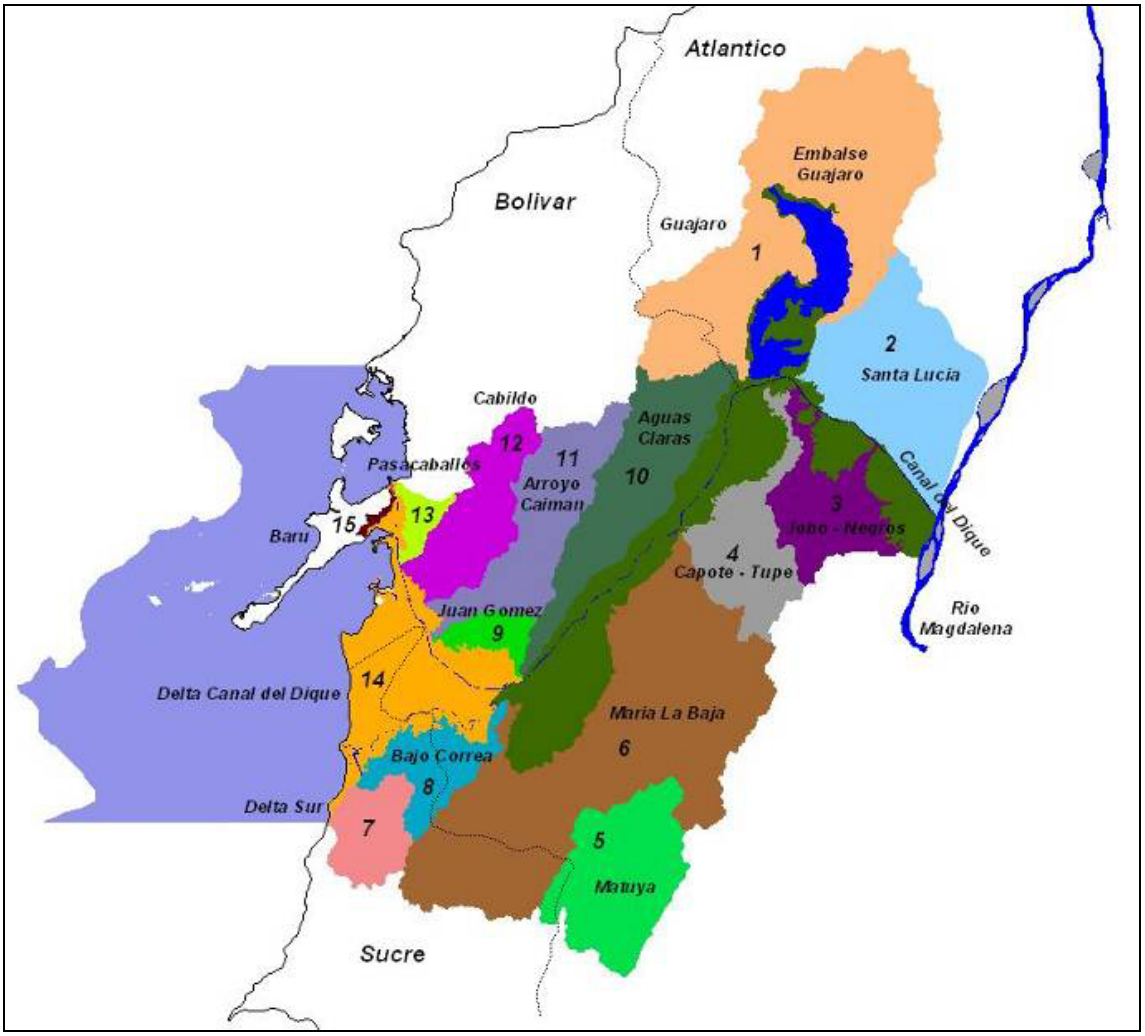



**Figura 13**: Definición de las Unidades de Análisis del Sistema Hídrico en la cuenca y la zona marino-insular. Fuente CI, 2006.

Entre 1923 y 1984 la longitud del canal pasó de 127 km a 115 km; el número de curvas se redujo de 270 a 50 y su radio mínimo se incrementó de 191 metros a 1000 metros (Tabla 2). El ancho de la sección a la altura del NR (nivel de reducción)[8] pasó de 41,4 metros a 75 metros, y su profundidad mínima de 2,14 metros a 2,50 metros; con estas obras se aumentó la capacidad de transporte de carga por el canal al permitir el paso simultáneo de dos embarcaciones que lleguen cruzarse en cualquier parte del canal, pero se aumentaron también los caudales que se manejaban por el Dique y, por ende, los aportes de sedimentos, materiales de arrastre y de agua dulce al sistema deltáico del canal.

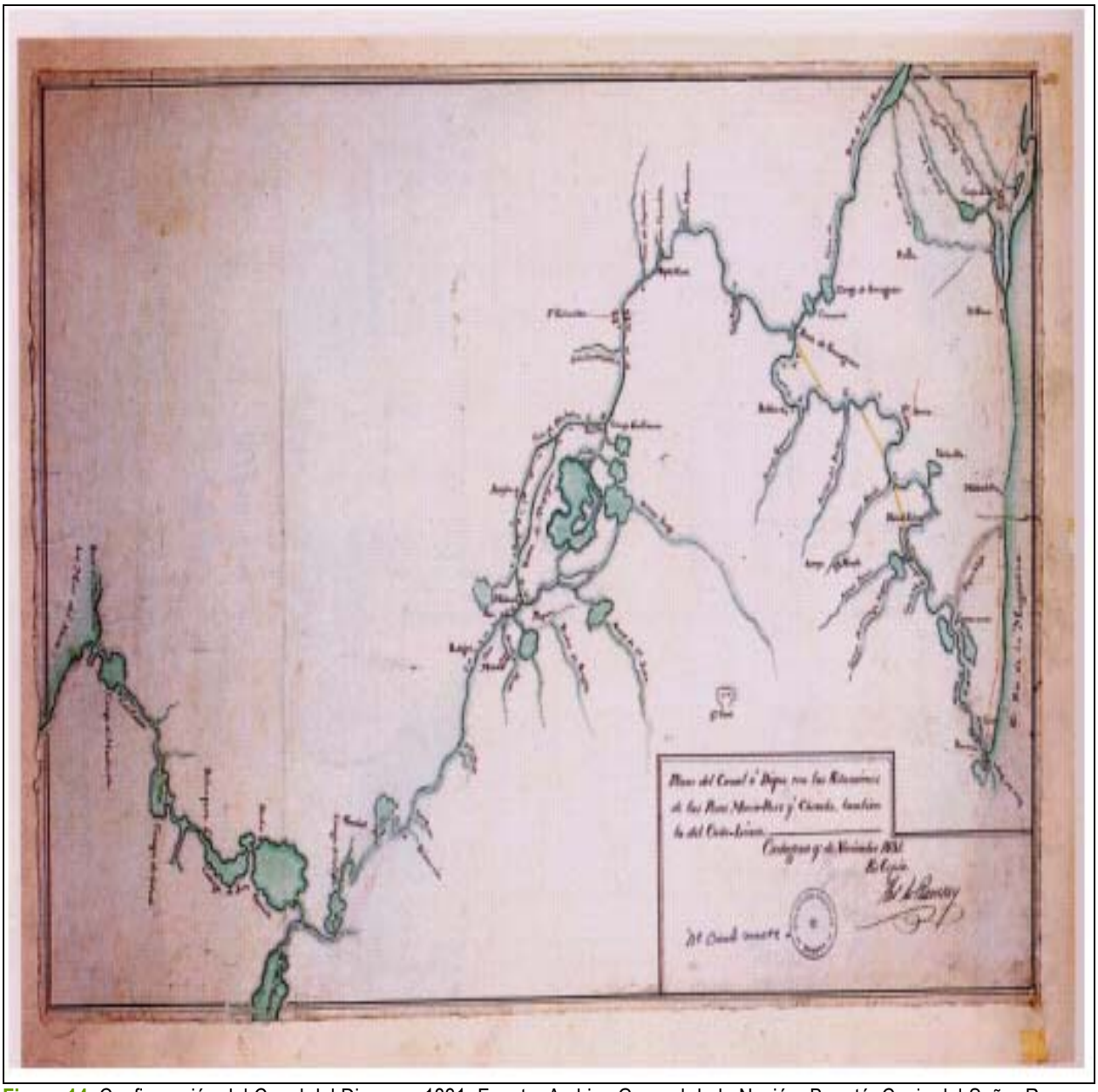


**Figura 14**: Configuración del Canal del Dique en 1831. Fuente: Archivo General de la Nación, Bogotá. Copia del Señor Ramsay (1831). Tomado de Universidad Nacional, 2002.

[8] El nivel de reducción NR es aquel que es superado el 95% del tiempo. A partir de este nivel se comienza a contabilizar la profundidad mínima.

**Tabla 2**: Obras de rectificación del canal del Dique en el Siglo XX.

| VARIABLE ENTIDAD | The Foundation Co. | Proyecto | Standard Dredging | ADENAVI | Estado | Rectificación | Sanz Cobe Layne Dredging Co. | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FECHA | 1923-1930 | 1941 | 1951 | 1974 | 1976 | 1979 | 1982 | 1997 |
| Longitud (km) | 127 | 117 | 114.5 | 113.7 | 115 | 115 | 115 | 117,6 |
| Trayecto en recta (km) | 74 | 79 | 82 | | 72.2 | 88,7 | | |
| Trayecto en curva (km) | 52 | 38 | 32,5 | | 43 | 26,1 | | |
| Numero de Curvas | 270 | 113 | 93 | 68 | 77 | 66 | 50 | |
| Radio mínimo (m) | 191 | 350 | 600 | 996 | 390 | 1000 | 1000 | |
| Tangente mínima (m) | 4 | 101 | 150 | 260 | 0 | 240 | 500 | |
| Ancho de fondo (m) | 35 | 45 | 45 | 45 | 32 | 65 | 65 | 70 |
| Talud costados | 1,5:1 | 2:1 | 2:1 | 2:1 | 2,5:1 | 2,5:0 | 2,0:1 | 2,7:1 |
| Profundidad mínima (m) | 2,14 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Volúmenes dragados (millones de m³) | 10.8 | 1.9 | 9.3 | | | | 18.8 | |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia (2002)

De acuerdo con el análisis de batimetrías realizadas en 1997, Universidad Nacional (2002) reporta para ese año un aumento en la longitud del canal: 117,5 km, en el ancho de la base: 70 metros, y en el talud de los costados: 2,7:1. Estos aumentos de la sección, como se verá más adelante, son los responsables del incremento de la sedimentación en la bahía de Cartagena. Por considerarse de interés, se presenta en el recuadro siguiente un resumen histórico adaptado de Universidad Nacional (2002).

- **Resumen Histórico**

***Siglo XVI***

***1571***: *El tinerfeño Mateo Rodríguez identifica una "barranca" que ahorra una jornada en el viaje desde el río Magdalena hasta Cartagena y permitía un viaje mixto acuático-terrestre en el que sólo tres leguas terrestres impedían la navegación total de la vía.*

***1582***: *Para llegar del Río a Cartagena se salía al mar Caribe y se tomaba la boca del Caño Matuna, para pasar el morro de Juan Gómez e ir por tierra a la Barranca de doña Luisa o la de Martín Polo, la que empezaba a desplazar la Barranca Vieja de Mateo.*

***Siglo XVII***

***1630:*** *menos de cien años de haber sido fundada Cartagena de Indias (1533) por Pedro de Heredia, la ciudad era el principal puerto comercial del mar Caribe.*

***23 de octubre de 1649:*** *Pedro Zapata expone ampliamente la idea del Canal en el Cabildo de Cartagena y recibe el visto bueno para explorar el paraje en compañía del ingeniero Juan de Semovilla.*

***7 de marzo de 1650.*** *Se inician las obras del canal del Dique con el impulso visionario y decidido de Pedro Zapata de Mendoza, Gobernador encargado de la Provincia de Cartagena de Indias; las obras se terminan el 22 de julio del mismo año.*

***26 de febrero de 1652.*** *Primer arrendamiento del canal, por $4.300 al año. La obra comienza a ser descuidada y se dificulta hasta el cierre de la navegación por la misma, de 1679 hasta 1724.*

***Siglo XVIII***

***Febrero de 1725.*** *El Gobernador Luis Aponte reúne el Cabildo para examinar la propuesta de Francisco de San Martín y Francisco Herranz, quienes ofrecían construir y mantener un nuevo cauce por el caño de Machado.*
***Noviembre de 1725.*** *San Martín y Herranz entregan el canal funcionando, con dirección del ingeniero Juan de Herrera y Sotomayor.*

***1735-1789.*** *El canal es navegable en los períodos lluviosos y en ocasiones cesa su funcionamiento debido al poco cuidado y a las hierbas y plantas acuáticas, por lo que se utiliza una combinación de caminos acuáticos y terrestres.*

***Siglo XIX***

***1815 y 1821.*** *El canal es utilizado durante la guerra de independencia para llevar provisiones a Cartagena, sitiada por los españoles, o para complementar el asedio de Padilla a la plaza sitiada.*

***1823.*** *Primer intento de la República por recuperar íntegramente la navegabilidad del canal, Bolívar entrega a Juan Bautista Elbers el monopolio de navegación del río Magdalena.*

***1832***. *No se tiene en cuenta la propuesta del ingeniero inglés Thos Romsay para recuperar el canal.*

***1844.*** *Se crea una Junta Especial del Canal, presidida por Agustín Argumedo; contrata su rehabilitación con el ingeniero G.M. Totten por $350000, quien trabajó 6 años en el trecho noroeste del canal; excavó 15 km entre la Ciénaga Sanaguare y el río, con una compuerta en cada extremo, y abrió una boca en el río, donde se fundó la población de Calamar en 1848.*

***15 de junio de 1850***. *Se reanuda la navegación por el canal pero se presentan problemas para pagarle al ingeniero.*

***1852.*** *El canal se encuentra deteriorado y la compuerta que lo unía al Río ha sido destruida por una creciente. Simultáneamente, Barranquilla comienza a erigirse como el centro comercial de mayor importancia en la costa Caribe Colombiana.*

***1855.*** *La Junta de Cartagena contrata al ingeniero Enrique Van Dryes, entregándole la "propiedad" del canal por 60 años. Ante su inactividad contrata a los cartageneros Macía e Hijo, quienes tampoco cumplen. Al tiempo se desata la guerra civil.*

***1862.*** *El general Juan José Nieto, presidente del Estado Soberano de Bolívar, acomete la recuperación del canal y al decretar los impuestos necesarios para obtener los fondos exigidos, desata una revuelta que termina con su dimisión y fracaso del proyecto.*

***1869.*** *Se organiza la empresa Compañía de Vapores de Cartagena para recupera el canal con el apoyo financiero otorgado por el Congreso Federal; sin embargo el primero y único de sus vapores, el Tolima, naufraga en su viaje inaugural.*

***1871.*** *Fracasa la obtención de recursos externos garantizada por el gobierno federal; porque se establece un litigio con el secretario de Hacienda Salvador Camacho Roldán, quien alega y obtiene en un largo pleito la propiedad del Canal para el Estado Federal.*

***1877.*** *Durante el gobierno de Rafael Núñez se inicia el esfuerzo de recuperar el Canal y se contrata sucesivamente a los ingenieros Terry y J.J Moore, quienes rediseñan y rehabilitan el Canal.*

***1882.*** *El Canal entra de nuevo en funcionamiento y experimenta una época dorada para el comercio en la década de los ochenta.*

***31 de diciembre de 1888.*** *Barranquilla inaugura su nuevo puerto marítimo, Puerto Colombia, unido por ferrocarril, prevaleciendo en su competencia con Cartagena como primera ciudad comercial del Caribe.*

***1899.*** *Finalizan las obras del Ferrocarril Cartagena Calamar, como una opción competitiva frente al Canal.*

***Siglo XX***

***1914.*** *La inauguración del canal de Panamá revalida la importancia de diseñar y mantener un Canal armonizable con la evolución tecnológica de los medios de transporte.*

***1915***. *La Ley 130 crea la Junta de Limpieza y Canalización del Dique, presidida por Enrique Román; Cartagena recupera la responsabilidad del canal. Se contrata al segundo ingeniero del Canal de Panamá, C.L. Vanderburgh, para los estudios, y a The Foundation Company para las obras. La lucha del centralismo capitalino por la administración de la obra interrumpe los trabajos.*

***1919.*** *La Liga Costeña, que reúne los comerciantes de la región vinculados al comercio exterior desde los puertos del Caribe y al mercado nacional a través del río, solicita a la Cámara de Representantes invertir recursos en el canal navegable del río.*

***1929.*** *Se contrata con The Foundation Company la limpieza y regularización del canal; se excavan 9.450000 $m^3$ con costos de $1.864.860,24. Anualmente se deben remover los sedimentos que obstaculizan la navegación cerca de su desembocadura.*

***1934.*** *El gobierno nacional contrata obras para evitar el paso de naves por la bahía de Barbacoas y permitir el acceso directo a la bahía de Cartagena. Se construyen las obras pero el Canal del Dique en su totalidad continúa en mal estado.*

***1941.*** *Con base en los estudios del ingeniero Eduardo Mantilla se contratan las obras para rediseñar y adecuar el Canal al calado de naves hasta 1.500 toneladas.*

***1952.*** *Se crea la Junta de Conservación del Canal del Dique para velar por el Canal con recursos de la Nación. Se levantan los rieles del ferrocarril Cartagena-Calamar. Se construye la refinería de Cartagena, que requiere del canal para traer petróleo.*

***1982.*** *Se contrata con la firma constructora Sanz y Cía. Cobe Ltda. El mejoramiento de la navegabilidad en el Canal. Se excavaron 18 millones de $m^3$, el número de curvas bajó a 50, el radio mínimo pasó a 1100 m y el fondo se ensanchó de 45 a 65 m.*

***1993.*** *Se expide la Ley 99 de 1993 que crea el Ministerio del Medio Ambiente y CARDIQUE (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique), cuyo objeto principal es garantizar*

*las acciones tendientes al manejo sostenible del canal.*

***1994.*** *El Plan Nacional Ambiental incorpora a Cartagena como prioridad en la estrategia de saneamiento ambiental.*

***1997****. Se inicia el tratamiento integral del Canal y el área deltáica, con financiación por el Banco Mundial del proyecto Modernización de la Gestión Ambiental en las principales cinco ciudades del país, entre ellas Cartagena.*

Fuente: Universidad Nacional (2002).

- **Localización del Canal**

El Canal del Dique se deriva del río Magdalena en la población de Calamar, a unos 110 Km aguas arriba de la desembocadura del río en Bocas de Ceniza (Uninorte, 2003). En su primer tramo sirve de límite entre los Departamentos de Bolívar y Atlántico, luego atraviesa el Departamento de Bolívar y, finalmente, desemboca a través de los siguientes brazos en el mar Caribe (Figura 12):

- **Brazo principal**: desemboca luego de unos 117 km de recorrido en la bahía de Cartagena, junto a la población de Pasacaballos.

- **Caño Correa**: se bifurca del canal en el K 82+500 y con una longitud de 31 km desemboca en mar abierto por la Boca de Luisa.
- **Caño Matunilla:** se deriva por la margen izquierda del canal en el K100 y desemboca en la bahía de Barbacoas, con una longitud de unos 6 Km.

- **Caño Lequerica:** se deriva también por la margen izquierda en el K108, desembocando en la bahía de Barbacoas luego de unos 4 Km de recorrido.

De otra parte, a lo largo del Canal del Dique existen una serie de ciénagas que integran un sistema asociado que se conecta con el Canal mediante caños, conformado, por la margen izquierda, por las ciénagas de Los Negros, Hobo, Capote, Tupe, Zarzal, Matuya, María La Baja y Palotal y, por la margen derecha, por las ciénagas de Luisa, Aguas Claras y Juan Gómez; de esta última se abastece el acueducto de Cartagena, la cual es llenada desde el canal con equipo de bombeo.

- **Régimen de Niveles en el Canal del Dique**

Para la descripción del régimen de niveles imperantes en el sistema Canal del Dique se tendrán en cuenta tres aspectos principales: los niveles en el propio canal del Dique, que dependen del río Magdalena, el comportamiento de las mareas, que influye en el bajo Canal del Dique, y las expectativas que se tienen en relación con la sobre elevación del nivel del mar por el calentamiento global.

**Niveles en el Canal.** Por ser una derivación del río Magdalena, el régimen de niveles del Canal del Dique está controlado por el régimen de niveles presente en el río en la población de Calamar. Las variaciones de este régimen se van haciendo menores a medida que se acerca a sus desembocaduras (mar abierto y bahías de Cartagena y Barbacoas), en donde la variación de niveles está controlada por el nivel del mar.

Para el control de los niveles se han instalado una serie de estaciones limnimétricas a lo largo del canal, siendo las más permanentes las que opera el IDEAM, aunque para proyectos específicos han funcionado otras, operadas temporalmente por las firmas consultoras. En Calamar, en el sitio de derivación del canal, los niveles varían entre 1,5 msnm y 8,5 msnm. En la zona de las desembocaduras la variación de niveles depende de la amplitud de las mareas marinas, cuyo valor máximo es del orden de 0,60 m (Uninorte, 2003).

Los niveles van descendiendo a lo largo del canal. Para ilustrar la variación de los niveles a lo largo del canal se consideraron los valores de las estaciones operadas por el IDEAM: INCORA K7, Gambote, Santa Helena 2 y K 107 (Lequerica). De acuerdo con Uninorte (2003), en INCORA K7 los niveles en el canal han alcanzado la cota máxima de 7,78 msnm y la cota mínima de 1,32 msnm; el nivel de reducción tiene una cota de 2,16 msnm (Figura 13).
También se puede observar que para el tramo inferior del canal, durante las épocas de aguas bajas los niveles mínimos están altamente influenciados por el rango de mareas en los estuarios.

El comportamiento típico de los niveles dentro del año presenta un período de aguas bajas que va desde mediados del mes de enero hasta finales del mes de abril; entre junio y julio se presenta se presenta un período de aguas medias, con algún repunte en el mes de junio conocido como el *veranillo de San Juan*; finalmente, se presenta un período de aguas altas que cubre los meses de septiembre a diciembre, alcanzando los niveles máximos generalmente hacia el mes de noviembre. En la Figura 14 se pueden observar los niveles de duración de los niveles máximos, mínimos y del 50% para la estación INCORA K7. Este comportamiento de los niveles dentro del año se va atenuando a lo largo del canal hasta que se vuelve casi plano, con ondulaciones no mayores de 1,0 metro de altura, en su desembocadura principal en Pasacaballos.

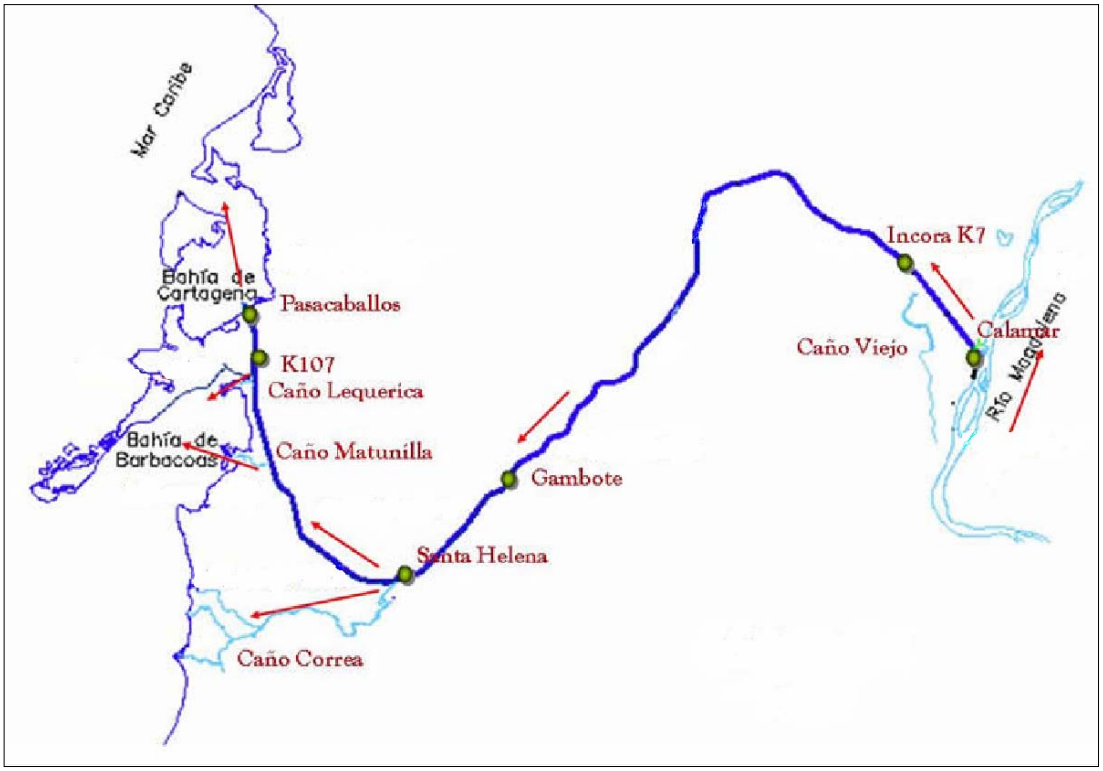



**Figura 15**: Trazado del Canal del Dique. Fuente: Adaptado de Universidad Nacional (2002).

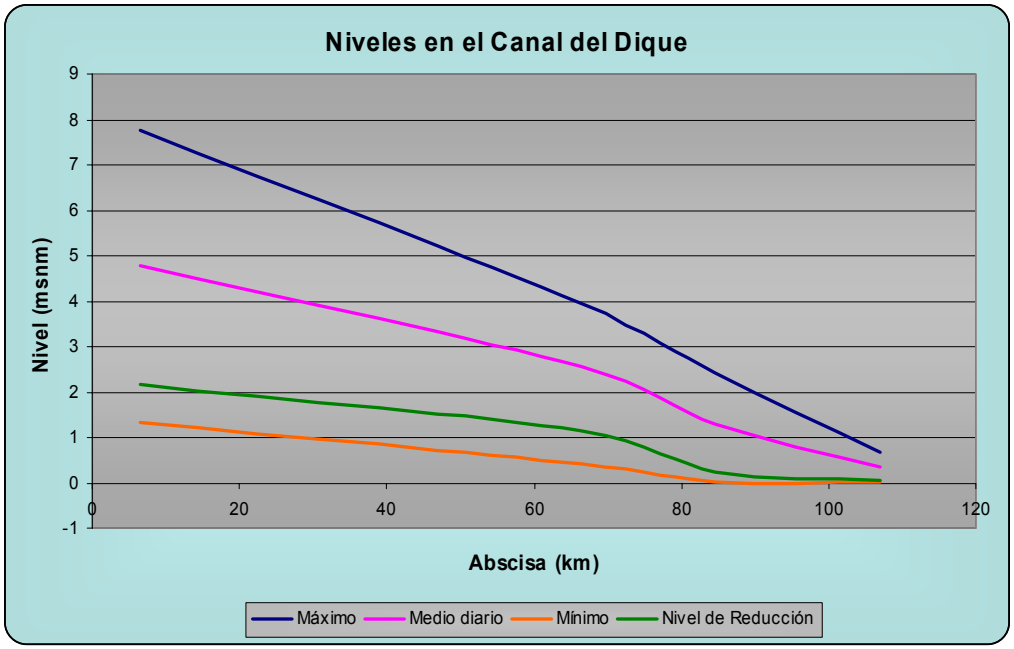



**Figura 16**: Niveles a lo largo del Canal del Dique. Fuente: Datos tomados de Universidad del Norte, 2003.

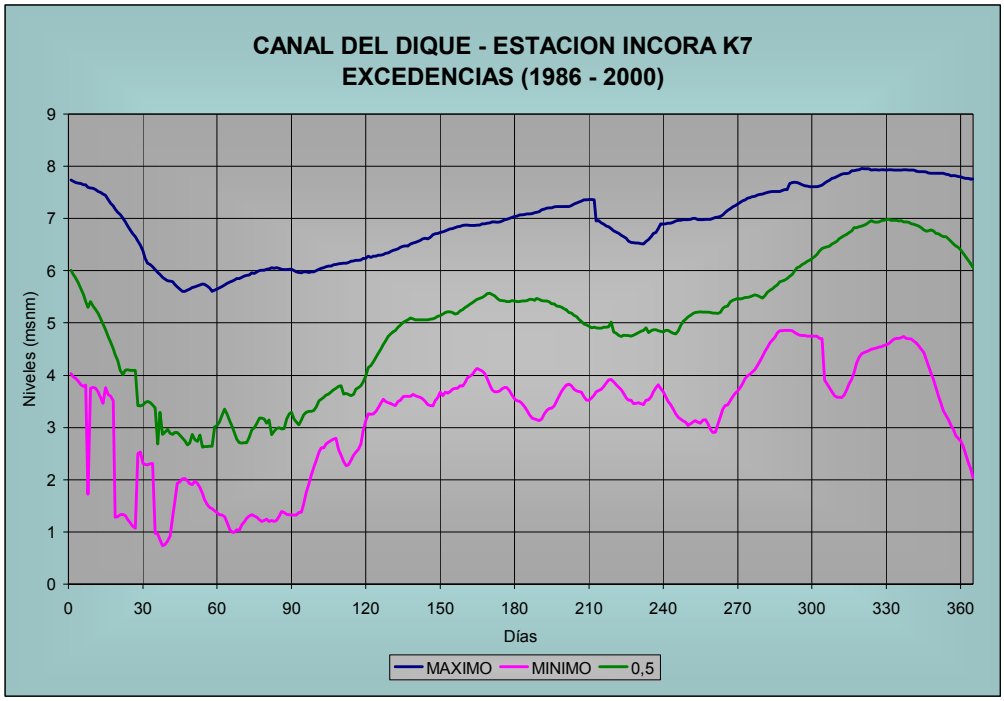



**Figura 17**: Niveles de excedencias en INCORA K7. Fuente: Universidad del Norte, 2003

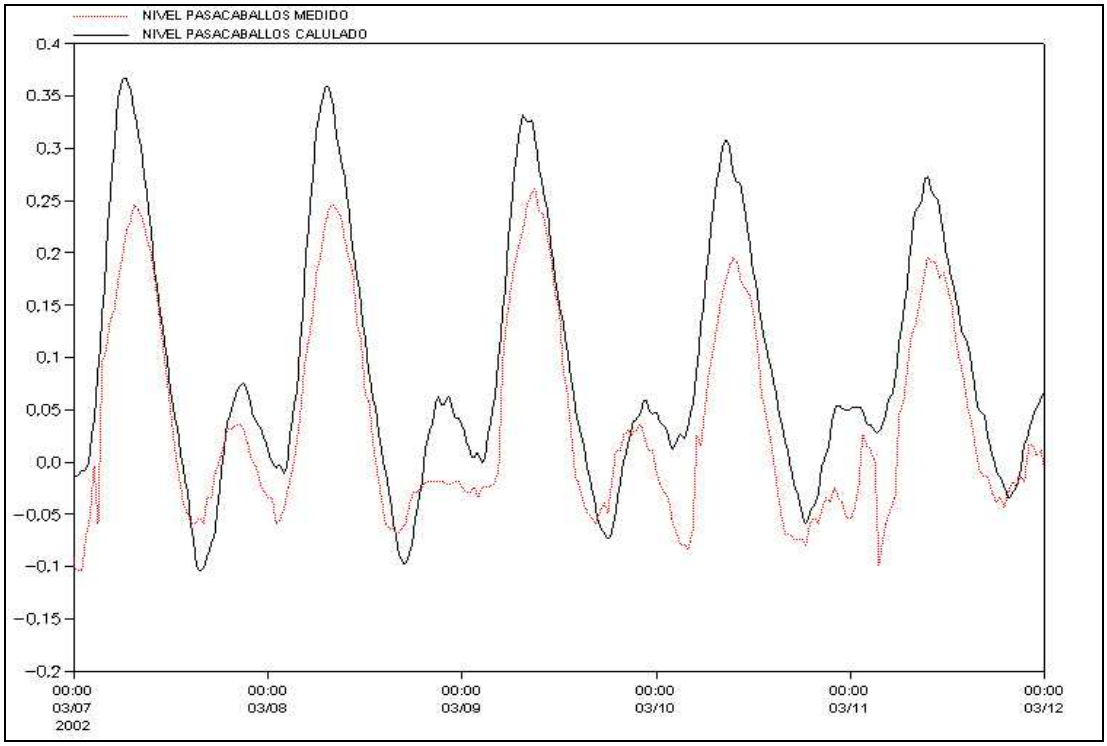



**Figura 18**: Niveles medidos y calculados en Pasacaballos. Fuente: Universidad de Cartagena, 2002.

**Niveles de mareas**. Las mareas del mar Caribe que hacen sentir su influencia en las desembocaduras del Canal del Dique son del tipo semidiurnas, no regulares, en que se presenta una onda de pleamar seguida de una de bajamar y después otro ciclo igual pero de menor magnitud que en ocasiones no ocurre. Según Uninorte (2003) la amplitud media multianual de la carrera de mareas, es del orden de los 0,30 metros. En 2002 Universidad de Cartagena modeló el oleaje en la bahía de Cartagena con base en el Módulo Hidrodinámico (HD) del MIKE 21, considerando su influencia con el Módulo Nearshore Spectral Wave (NSW) para observar el comportamiento de la corriente por la interacción de viento - oleaje. Además de la simulación de las corrientes de marea entrante y saliente, los resultados modelaron niveles de marea teóricos para varios puntos de la bahía de Cartagena, que fueron comparados con valores de mareas medidos con el objeto de calibrar el modelo. Interesa para este informe el sitio de Pasacaballos, en donde la modelación y la medición de niveles de marea efectuada del 6 al 13 de marzo/2002 (Figura 15), indica que las diferencias entre los niveles medidos y calculados no superan los 12 cm.

**Sobreeelevación del nivel del mar.** Según informes de la Secretaria de Planeación Distrital (2003) sobre el entorno marino frente a la ciénaga de La Virgen, los primeros reportes de IPCC[9] (1995) relacionados con la sobre elevación del mar señalaban un aumento del nivel del mar relacionado con el aumento global de la temperatura, del orden de 10 a 25 cm en los últimos 100 años.

En otros estudios para el Caribe se indica un aumento del nivel del mar de 20 cm para el período 1880 - 1980 (Gornitz & Lebedeff, 1987), que concuerdan con los del IPCC y con los obtenidos por el CIOH (1998), que señalan un ascenso continuado de los niveles del mar alcanzando un incremento de 12 cm en los últimos 20 años.

Con base en información técnica sobre el incremento proyectado para el nivel del mar, el IDEAM (2001)[10] evaluó la amenaza de inundación en las costas colombianas considerando como fenómeno con potencial dañino el aumento de 1,0 metro en el nivel del mar para una recurrencia de 100 años. La zona costera Colombiana se ha evaluado como zona de VULNERABILIDAD ALTA, identificando zonas críticas como Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, el archipiélago de San Andrés, Buenaventura y Tumaco (Universidad de Cartagena, 2002). Entre los efectos más notorios para la zona de estudio estarían los siguientes:

- **Erosión de la línea de costa**, por desgaste producido por el oleaje. Esta susceptibilidad está relacionada con daños graves permanentes.

- **Inundación del litoral**, tiene un nivel de amenaza alto los sectores habitados de las poblaciones costeras o ribereñas de los caños que se derivan del canal.

- **Deterioro de ecosistemas costeros**, como las formaciones de manglares de toda la zona estuarina del canal.

- **Salinización de suelos y acuíferos**, uno de cuyos efectos principales sería el ascenso de la cuña salina por los caños y canales que desembocan en la bahía de Cartagena y cuerpos de agua de la ciudad. Se declara el alto nivel de amenaza de salinización de la fuente en la bocatoma del acueducto de Cartagena (canal del Dique, km 81), que abastece a la a la ciudad.

- **Régimen de Caudales**

Los caudales del Canal del Dique van disminuyendo a medida se llega al mar, habida cuenta de la interacción con los sistemas cenagosos asociados, en donde el canal aporta agua a las ciénagas durante las épocas de aguas medias y altas. En la Tabla 3 se presentan los caudales medios, mínimos, máximos, mínimos y máximos absolutos en las estaciones del IDEAM, localizadas en el Bajo Canal del Dique, Gambote, Santa Helena 2 Y K107, comparada con los de la estación INCORA K7 localizada en el Alto Canal del Dique (UniCartagena, 2002). Como se puede observar en la tabla anterior, las pérdidas de caudal del canal entre INCORA K7 y Pasacaballos son grandes, pasando de 491 $m^3/s$ en la entrada del canal, a 138 $m^3/s$ en la salida a la bahía de Cartagena

Vale la pena destacar que las últimas grandes obras de rectificación y dragado del canal se realizaron entre 1982 y 1984. Con estas obras se amplió la sección de flujo, pasando el ancho de fondo del canal de 45 a 65 metros y se aumentó la profundidad, de 2,4 a 2,5 metros por debajo del nivel de reducción (NR), con dragado a la cota -3,0 por debajo del NR para seguridad de las embarcaciones y para acomodar futuras depositaciones de sedimentos en el fondo. Esta nueva sección dio lugar a un aumento en los caudales líquidos que transitan por el canal a los mismos

[9] IPCC. *Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (*por sus siglas en inglés), del cual hace parte Colombia.

[10] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. *Vulnerabilidad y adaptación del a zona costera colombiana al ascenso acelerado del nivel del mar.* Documento técnico de soporte para la Primera Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, 2001.

niveles que antes se registraban y, por lo tanto, un aumento en los caudales sólidos, esto es, sedimento de fondo y en suspensión, que descarga el canal en las desembocaduras, entre ellas, la bahía de Cartagena.

**Tabla 3**: Variación de caudales. Sector Calamar_Pasacaballos.

| Estación | Promedio anual (m3/s) | | | Máximos y Mínimos Absolutos (m3/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Q medio | Q max | Q min | Q max | Q min |
| Incora K7 | 491 | 781 | 294 | 1205 | 89 |
| Gambote | 459 | 705 | 296 | 1091 | 75 |
| Santa Helena 2 | 346 | 519 | 217 | 584 | 181 |
| K107 | 138 | 220 | 45 | 220 | 45 |

Fuente: Universidad de Cartagena, 2002

Para verificar esta variación en la curva de aforos y en el aumento de caudales, se evaluaron los registros de aforos presentados por Uninorte (2003) para la estación INCORA K7, que consisten en una serie de aforos realizados en esta sección del canal entre los años 1972 y 2002. En este análisis se establecieron curvas de aforos diferentes: una, para los aforos realizados antes de 1982, año en que se iniciaron en firme las obras de rectificación y dragado, y con ello la transición hidráulica del canal, y otra para los aforos ejecutados después de mediados de 1984, cuando se suspendieron las obras. Los resultados (Figura 16) indican que en la Estación INCORA K7 los caudales correspondientes al nivel medio anual pasaron de 320 a 485 $m^3/s$, con un incremento del orden del 50%. Para los caudales máximos el incremento es del orden del 20 al 22% y para los mínimos del 100 a 120%. En este orden de ideas, con las obras de dragado y rectificación, si bien se mejoraron substancialmente las condiciones de navegabilidad en el canal, también aumentaron las descargas de sedimentos en la zona estuarina, en especial en la bahía de Cartagena, donde son más notorios sus efectos nocivos.

- **Sedimentos**

El tamaño de las partículas que transporta el Canal del Dique, se clasifica en fracción fina, constituida por arcillas y limos, y fracción gruesa, por las arenas (muy fina y fina). La granulometría es la siguiente:

**Fracción fina**

Arcillas: 0.002 – 0.0040 mm
Limo medio: 0.016 – 0.0320 mm
Limo grueso: 0.032 – 0.0625 mm

**Fracción gruesa**

Arena muy fina: 0.0625 – 0.125 mm
Arena fina: 0.1250 – 0.250 mm

La fracción fina es la *Carga de lavado*, compuesta por materiales erosionados en la cuenca, de grano muy fino y velocidad de asentamiento inferior a las fluctuaciones turbulentas de la velocidad de la corriente, por lo que siempre están en suspensión (UniCartagena, 2002). La fracción gruesa es la *Carga del lecho,* compuesta por materiales del propio lecho (limos y arenas), de los cuales, parte se mueve por arrastre en el fondo y parte en suspensión, de disponibilidad limitada y en función del caudal del flujo (UniCartagena, 2002). La carga en suspensión se determina mediante aforos sólidos, que dan la concentración de sólidos en suspensión (Css) que transitan en una corriente.

Con la granulometría se establece la composición del material en las fracciones finas y gruesas. Uninorte (2003) tiene unas mediciones realizadas a lo largo del canal en diversas campañas para determinar los caudales líquidos (Ql) y sólidos (Qs), donde se establece que la Css promedia en Gambote es del orden de los 370 mg/l, de 460 mg/l en la derivación del caño Correa, de 260 mg/l en la bifurcación del caño Matunilla y de 435 mg/l en Pasacaballos (Tabla 4).

De otra parte, el Qs correlaciona de manera aceptable con el Ql y es posible obtener un orden de magnitud del Qs que transporta una corriente a partir del valor del caudal líquido. Para las estaciones de INCORA K7 y Gambote, Uninorte(2003) preparó las curvas de calibración entre estos dos caudales (Figura 17), de las cuales se infiere que para valores medios de caudal líquido, el Qs total que transporta la corriente es del orden de 11.000 toneladas/día. En Pasacaballos el Qs total registrado varía entre las 370 y las 18.000 toneladas/día.

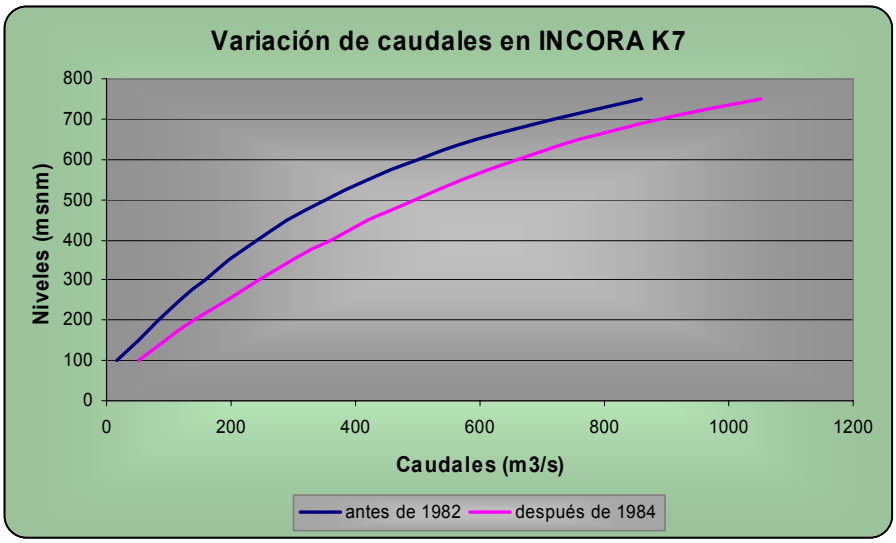



**Figura 19**: Variación en las curvas de aforos. Fuente: Universidad de Cartagena, 2002

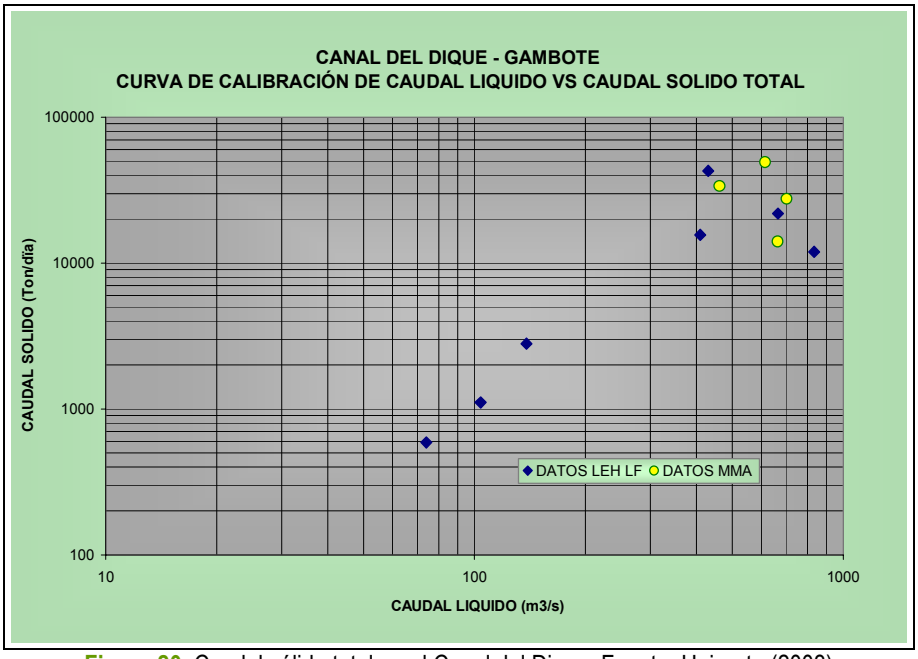



**Figura 20**: Caudal sólido total en el Canal del Dique. Fuente: Uninorte (2003)

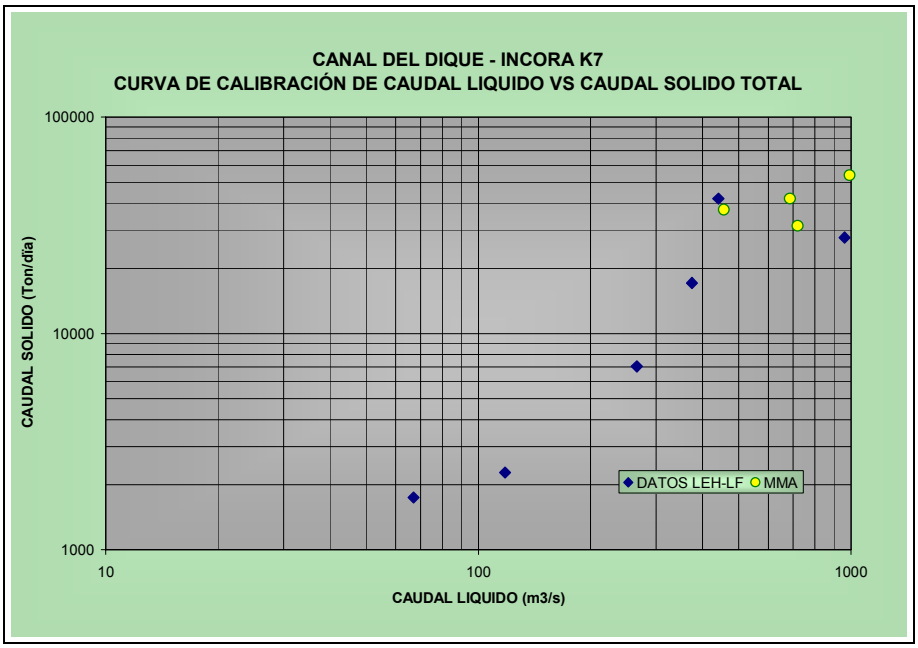



**Figura 21**: Caudal sólido total en el Canal del Dique. Fuente: Uninorte (2003)

**Tabla 4** Resumen de mediciones de caudal líquido y sólido en el Canal del Dique.

| | | CAUDALES LIQUIDOS | | | | RESUMEN DE MEDICIONES DE TRANSPORTE EN SUSPENSION | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SECCION | FECHA | CAMP. | Q (m3/s) | V (m/s) | A (m2) | D16 (mm) | D50 (mm) | D84 (mm) | D90 (mm) | C (Kg/m3) | Qst (ton/día) | Qs (ton/día) | WL (%) |
| GAMBOTE | 22/11/1996 | 1 | 666 | 1,0 | 638 | 0,172 | 0,212 | 0,258 | 0,269 | 0,38 | 21796 | 8190 | |
| | 17/03/1997 | 2 | 138 | 0,3 | 517 | | | | | 0,23 | 2796 | 1375 | |
| | 04/09/1997 | 3 | 223 | 0,5 | 446 | 0,090 | 0,114 | 0,173 | 0,202 | | | | |
| | 04/12/1997 | 4 | 410 | 0,8 | 513 | 0,113 | 0,145 | 0,225 | 0,246 | 0,44 | 15621 | 3651 | |
| | 19/12/1999 | 6 | 835 | 1,2 | 693 | | | | | 0,166 | 11949 | | |
| | 14/05/2000 | 7 | 431 | 0,8 | 550 | | | | | 1,02 | 31825 | 3656 | 88,512 |
| | /03/02 | 8 | 74 | 0,2 | 392 | | 0,184 | | 0,205 | 0,092 | 589 | 0,83 | |
| Aguas Arriba | 23/11/1996 | 1 | 546 | 0,9 | 624 | 0,060 | 0,083 | 0,113 | 0,119 | 0,35 | 16429 | 6781,42 | |
| CAÑO | 18/03/1997 | 2 | 120 | 0,3 | 409 | 0,137 | 0,178 | 0,218 | 0,236 | 0,22 | 2291,9 | 871,12 | |
| CORREA | 05/09/1997 | 3 | 221 | 0,5 | 442 | 0,144 | 0,188 | 0,240 | 0,241 | 0,3 | 5628 | 948 | |
| (ST.HELENA 1) | 05/12/1997 | 4 | 374 | 0,7 | 519 | 0,132 | 0,179 | 0,236 | 0,269 | 0,46 | 14898 | 3135 | |
| | 15/12/1998 | 5 | 647 | 1,0 | 677 | 0,115 | 0,175 | 0,228 | 0,238 | | | | |
| | 20/12/1999 | 6 | 707 | 1,0 | 718 | | | | | 0,121 | 7367 | | |
| | 15/05/2000 | 7 | 412 | 0,7 | 561 | | | | | 0,854 | 30400 | 2969 | 90,234 |
| | /02/03 | 8 | 19 | 0,1 | 365 | | 0,150 | | 0,209 | 0,078 | 129 | | |
| STA.HELENA 2 | 21/12/1999 | 6 | 665 | 1,2 | 555 | | | | | 0,142 | 8165 | | |
| | 16/05/2000 | 7 | 345 | 0,8 | 460 | | | | | 0,985 | 29349 | 2810 | 90,426 |
| | /03/02 | 8 | 14 | 0,0 | 321 | | 0,176 | | 216,000 | 0,053 | 65 | | |
| Aguas Arriba | 24/11/1996 | 1 | 455 | 0,5 | 482 | 0,097 | 0,119 | 0,160 | 0,187 | 0,32 | 12401 | 455,32 | |
| CAÑO | 08/04/1997 | 2 | 103 | 0,3 | 328 | 0,142 | 0,183 | 0,223 | 0,239 | 0,2 | 1838,04 | 540,74 | |
| MATUNILLA | 07/09/1997 | 3 | 199 | 0,5 | 375 | 0,149 | 0,190 | 0,235 | 0,253 | 0,33 | 5799 | 893,19 | |
| | 05/12/1997 | 4 | 307 | 0,8 | 393 | 0,130 | 0,185 | 0,242 | 0,262 | 0,44 | 11687 | 2094 | |
| | 16/12/1998 | 5 | 471 | 1,0 | 479 | 0,108 | 0,166 | 0,237 | 0,250 | | | | |
| | 22/12/1999 | 6 | 559 | 1,1 | 499 | | | | | 0,211 | 10251 | | |
| | 17/05/2000 | 7 | 361 | 0,9 | 406 | | | | | | 31825 | 3656 | |
| | 14/03/2002 | 8 | 41 | 0,1 | 386 | | 0,240 | | 0,300 | 0,04 | 147 | | |
| Aguas Arriba | 25/11/1996 | 1 | 253 | 1,4 | 337 | 0,143 | 0,186 | 0,227 | 0,245 | 0,3 | 6547 | 2652,86 | |
| CAÑO | 07/04/1997 | 2 | 63 | 0,2 | 298 | 0,146 | 0,197 | 0,264 | 0,282 | 0,19 | 1038,5 | 296,58 | |
| LEQUERICA | 08/09/1997 | 3 | 128 | 0,5 | 257 | 0,082 | 0,116 | 0,149 | 0,162 | 0,31 | 3362 | 559,04 | |
| | 07/12/1997 | 4 | 199 | 0,7 | 276 | | | 0,061 | 0,073 | 0,55 | 9349 | 1829 | |
| | 16/12/1998 | 5 | 298 | 0,9 | 332 | 0,131 | 0,154 | 0,196 | 0,210 | | | | |
| | 23/12/1999 | 6 | 309 | 0,8 | 369 | | | | | 0,196 | 5235 | | |
| | 18/05/2000 | 7 | 244 | 0,8 | 322 | | | | | 0,83 | 17518 | 2031 | |
| | /03/02 | 8 | 26 | 0,1 | 319 | | 0,160 | | 0,214 | 0,081 | 184 | | |
| PASACABALLOS | 09/09/1997 | 3 | 113 | 0,4 | 283 | 0,077 | 0,135 | 0,180 | 0,192 | 0,1286 | 1256 | 244,98 | |
| | 08/12/1997 | 4 | 171 | 0,7 | 262 | 0,111 | 0,153 | 0,202 | 0,240 | 0,55 | 8159 | 1797 | |
| | 17/12/1998 | 5 | 215 | 0,6 | 339 | 0,160 | 0,165 | 0,186 | 0,200 | | | | |
| | | 6 | | | | | | | | | | | |
| | 19/05/2000 | 7 | 194 | 0,7 | 295 | | | | | 1,071 | 17963 | 2456 | 86,327 |
| | /03/02 | 8 | 49 | 0,2 | 263 | | 0,198 | | 0,221 | 0,089 | 373 | | |
| CAÑOS | | | | | | | | | | | | | |
| CAÑO | 23/11/1996 | 1 | 35 | 0,4 | 79 | 0,142 | 0,191 | 0,255 | 0,274 | 0,35 | 1060 | 453,89 | |
| CORREA | 18/03/1997 | 2 | 19 | 0,4 | 46 | | 0,051 | 0,107 | 0,122 | 0,22 | 358,45 | 118,38 | |
| | 05/09/1997 | 3 | 27 | 0,3 | 89 | 0,076 | 0,124 | 0,168 | 0,178 | 0,3 | 688,5 | 90,33 | |
| | Dic-/97 | 4 | 55 | 0,8 | 65 | | | | | 0,66 | 3101 | 567 | |
| | 29/12/1998 | 5 | 52 | 0,6 | 94 | 0,068 | 0,094 | 0,119 | 0,127 | 0,18 | 640 | 203 | |
| | 20/12/1999 | 6 | 246 | 0,7 | 341 | | | | | 0,01 | 215 | | |
| | 16/05/2000 | 7 | 61 | 0,7 | 93 | | | | | | | | |
| | 10/03/2002 | 8 | 6 | 0,1 | 50 | | 0,000 | | 0,108 | 0,133 | 73 | 2,31 | 96,13 |
| C.CORREA | | 6 | 246 | | | | | | | | 215 | | |
| (PUEBLO) | 15/05/2000 | 7 | 64 | 0,6 | 100 | | | | | 0,855 | 4753 | 811 | 82,937 |
| | 09/03/2002 | 8 | 8 | 0,1 | 66 | | | | | 0,136 | 88 | 0,9 | 99,26 |
| CAÑO | 24/11/1996 | 1 | 175 | 1,3 | 136 | | | 0,041 | 0,042 | 0,37 | 5580 | 2547,94 | |
| MATUNILLA | 08/04/1997 | 2 | 43 | 0,4 | 107 | | | | | 0,21 | 806,1 | 272,04 | |
| | 07/09/1997 | 3 | 65 | 0,6 | 109 | | | | 0,040 | 0,37 | 2115 | 314,96 | |
| | 06/12/1997 | 4 | 121 | 0,9 | 136 | 0,164 | 0,205 | 0,248 | 0,270 | 0,48 | 5044 | 1002 | |
| | 28/12/1998 | 5 | 197 | 1,3 | 152 | 0,073 | 0,125 | 0,188 | 0,200 | 0,18 | 2631 | 777 | |
| | 17/05/2000 | 7 | 130 | 1,0 | 135 | | | | | | 1290 | | |
| | 09/03/2002 | 8 | 22 | 0,2 | 119 | | 0,240 | | 0,300 | 0,055 | 104 | | |
| CAÑO | 25/11/1996 | 1 | 43 | 0,7 | 65 | 0,126 | 0,167 | 0,200 | 0,212 | 0,35 | 1290 | 515,41 | |
| LEQUERICA | 07/04/1997 | 2 | 18 | 0,3 | 64 | 0,136 | 0,197 | 0,235 | 0,247 | 0,2 | 307,3 | 102,01 | |
| | 08/09/1997 | 3 | 19 | 0,3 | 63 | 0,092 | 0,130 | 0,167 | 0,175 | 0,25 | 408 | 65,3 | |
| | Dic-/97 | 4 | 34 | 0,5 | 65 | | | | | 0,69 | 2061 | 450 | |
| | 28/12/1998 | 5 | 57 | 0,7 | 82 | 0,103 | 0,133 | 0,154 | 0,167 | 0,28 | 1568 | 499 | |
| | 18/05/2000 | 7 | 49 | 0,6 | 76 | | | | | | | | |
| | 12/03/2002 | 8 | 7 | 0,1 | 70 | | 0,131 | | 0,180 | 0,014 | 8 | | |

Fuente: Uninorte (2003)

**Subsistema Cuencas del Canal del Dique**

Este subsistema está compuesto por las subcuencas más importantes que conforman la cuenca general del canal del Dique. La selección de las subcuencas se definió con base en las corrientes principales o en los conjuntos de zonas cenagosas asociadas al canal donde descargan la mayoría de los arroyos, entre las que se destacan la ciénaga de Jobo, el embalse del Guájaro, el conjunto cenagoso de Capote, Tupe y Zarzal, las ciénagas de Las Ceibas y Aguas Claras y de Maria La Baja.

Para la evaluación hídrica se describen inicialmente las condiciones generales del clima y, luego, las condiciones de escorrentía. Además de estas descripciones, el objeto de este informe está orientado a establecer las principales problemáticas que giran en la cuenca alrededor del tema del agua.

- **Condiciones del Clima**

El comportamiento general del clima obedece claramente a la modulación que impone el paso de la zona de convergencia de los vientos alisios (ZCIT) en sus dos tránsitos por el ecuador climático, junto con la ocurrencia de las ondas del Este y la presencia de frentes fríos del hemisferio Norte. En las zonas costeras, los desplazamientos de la ZCIT mueven masas de aire húmedas marinas y continentales y genera condiciones de clima de tipo ciclónico alternas (lluvia - seco - nubosidad), siendo el principal regulador del clima en la región (Hazen & Sawyer, 1998, en Neotrópicos, 1999). En el delta del Canal del Dique, el clima presenta variabilidad anual térmica determinada en gran parte por la fuerte relación inversa observada con la altitud en esta región; la alta disponibilidad de agua y altas temperaturas generan humedades atmosféricas considerables (Universidad Nacional, 2002). El régimen lluvioso es prácticamente unimodal, mostrando una estación de lluvias importantes entre mayo y noviembre y una estación casi seca entre diciembre y abril, reflejando en su comportamiento estacional la modulación de la ZCIT.

De acuerdo con CIOH (1998), el clima regional se clasifica como tropical semiárido por la interacción de los fenómenos de la ZCIT, los vientos Alisios, las ondas del Este y lo frentes fríos del Norte. De otra parte, para las condiciones climáticas imperantes en la región, Viers, G. (1975) asigna en su clasificación climática un tipo de clima denominado AWI = Clima cálido antillano, en donde A es la temperatura media mensual (> 18°C); W representa una lluvia media mensual menor a 60 mm en la estación seca; I infiere una amplitud térmica anual inferior a 5°C.

**Precipitaciones.** Para determinar el régimen de lluvias dentro de la cuenca se tuvieron en cuenta los resultados de diversos informes técnicos que se han realizado en la zona de estudio. INGEOMINAS (1999) utilizó la información de 56 estaciones del área con registros desde 1933 hasta 1998 para su estudio de la jurisdicción de CARDIQUE; Universidad Nacional (2002) consideró información pluviométrica de 45 estaciones del área de influencia del delta del Canal del Dique, con series entre 10 y 55 años; Universidad del Norte (2003) tuvo en cuenta registros de 17 estaciones con series hasta el 2000 para la cuenca hidrográfica del Dique. Finalmente, CARDIQUE (2004) evaluó información actualizada al 2002 para los estudios de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica de la ciénaga de La Virgen, vecina de la cuenca hidrográfica del Canal del Dique por su costado occidental.

En todos estos estudios se realizó homogenización de series a períodos mayores de 20 años, aunque no en todos se presentó la serie de datos y, en general, se puede decir que existe una buena base informativa por lo cual no se consideró necesario adquirir nueva información. Se realizó, entonces, un análisis comparativo de las series seleccionando las mejores estaciones en cuanto a calidad de la información, a la representatividad del sitio y a la complementariedad para cubrir vacíos de datos.

Para este informe se seleccionaron 27 estaciones ubicadas dentro y fuera de la cuenca y garantizando un cubrimiento bastante aceptable de toda su extensión, de las cuales 16 son pluviométricas, 3 pluviográficas, 1 sinóptica principal, 2 climatológicas principales, 4 climatológicas ordinarias y 1 meteorológica especial (Tabla 5). En cuanto a la localización administrativa, 8 estaciones se encuentran en el Departamento del Atlántico, 18 en Bolívar y 1 en Sucre.

Los resultados que se presentan a continuación se consideran representativos de la situación media multianual más probable, aun cuando el período de análisis no es el mismo para todas las estaciones y no se pudo homogenizar porque la información secundaria consultada no presentó las series de datos completas en todos los casos.

- Variación espacial de las lluvias

De acuerdo con los resultados de Universidad del Norte (2003), la precipitación media anual de toda la cuenca es de 1.236 mm. Para determinar su distribución territorial se configuraron isoyetas (Figura 18) a partir de las lluvias medias anuales de cada estación; a partir de estas isoyetas, se observa que la región más seca, con lluvias menores a 1000 mm/año, está en el sector próximo a la línea de costa, sobre el costado SW de la cuenca, donde las precipitaciones están por debajo de los 800 mm/año.

Las lluvias se van incrementando a medida que aumenta la elevación de la cuenca, específicamente sobre la estructura geológica del Cinturón del Sinú, alcanzando los 1200 mm/año sobre la divisoria de aguas entre las cuencas de la ciénaga de La Virgen y del Canal del Dique, donde las alturas del terreno apenas sobrepasan los 400 msnm. Hacia el costado sur de la cuenca las alturas del terreno superan los 500 msnm y las precipitaciones medias anuales pasan de 1800 mm/año. Hacia los costados norte y oriental de la cuenca las lluvias comienzan bajar hasta los 990 mm/año sobre el extremo norte y hasta 1060 mm/años en las proximidades de Calamar, sobre el costado oriental de la cuenca. Cabe destacar la presencia de un microclima seco en cercanías y sobre el espejo de agua de la ciénaga del Guájaro, donde las lluvias son del orden de los 800 a los 900 mm/año.

- Variación temporal de las lluvias

Como se mencionó antes, las lluvias dentro del año tienen un comportamiento monomodal, que obedece principalmente a la modulación de la ZCIT. El ciclo de lluvias comienza en mayo y se extiende hasta noviembre; hacia junio y julio se registra un leve bajón de de las lluvias, que luego repuntan hasta alcanzar los máximos valores en el trimestre comprendido entre septiembre y noviembre. Este comportamiento monomodal de las lluvias se observa en todas las estaciones de la cuenca, independiente de su ubicación y de la magnitud de las lluvias anuales registradas. Para ilustrar esta observación, se presenta en la Figura 19 los histogramas de 18 de las principales estaciones localizadas en el entorno de la cuenca hidrográfica.

**Temperaturas.** Para su análisis UniNorte (2003) evaluó la información de 6 estaciones climatológicas en el área. Por su parte, INGEOMINAS (1998), en el estudio que realizó para CARDIQUE[11] basó su análisis en los registros de 12 estaciones en toda la región de la jurisdicción de CARDIQUE y homogenizó series al período 1970 – 1998.

Con base en esta información se puede afirmar que la temperatura media anual es bastante regular en toda la cuenca, variando entre 27,2°C y 28,3°C (Figura 20). A nivel mensual el tiempo más fresco se presenta en los primeros meses del año para la zona cercana a la costa debido a la presencia de los vientos alisios que actúan suavizando el clima.

Para el resto de la cuenca el tiempo fresco se presenta en el segundo semestre del año como consecuencia de la temporada lluviosa. Debe tenerse en cuenta que las estaciones del análisis de UniNorte (2003) se encuentran todas por debajo de los 20 msnm y que según diversos autores, en Colombia la temperatura disminuye unos 0,6°C por cada 100 metros de altura; por consiguiente, si en la cuenca existen partes altas sobre los 500 msnm, como en la región de Marialabaja, muy seguramente las temperaturas medias en estas partes altas estarán entre los 24°C y 26°C.

[11] INGEOMINAS. *Evaluación del potencial ambiental de los recursos suelo, agua mineral y bosques*. Convenio Interadministrativo No. 095 de 1998 CARDIQUE – INGEOMINAS. 1999.

**Tabla 5**: Precipitación media anual de estaciones.

| Nº | CODIGO | ESTACION | TIPO | COORDENADAS PLANAS | | Precipitación media (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | E | |
| | | | | | | |
| 1 | 1401001 | Piojó | PG | 1.680.452 | 886.713 | 1165 |
| 2 | 1401003 | Bayunca | PM | 1.656.599 | 855.613 | 1301 |
| 3 | 1401005 | Cañaveral | PM | 1024 N | 7520 W | 1200 |
| 4 | 1401502 | Apto. Rafael Nuñez | SP | 1.647.434 | 842.797 | 994 |
| 5 | 1401503 | Esc. Naval CIOH | CP | 1.640.066 | 840.938 | 776 |
| 6 | 2903004 | Arjona | PG | 1.625.229 | 860.962 | 1181 |
| 7 | 2903005 | San Estanislao | PM | 1.641.744 | 882.934 | 849 |
| 8 | 2903008 | Pto Santander | PM | 1.597.556 | 864.510 | 1701 |
| 9 | 2903016 | Flamenco | PM | 1.595.747 | 855.364 | 1341 |
| 10 | 2903017 | Gamero | PM | 1.621.486 | 875.560 | 1439 |
| 11 | 2903020 | San Cayetano | PM | 1.606.705 | 884.645 | 1560 |
| 12 | 2903027 | Loma Grande | PM | 1.651.300 | 884.400 | 1034 |
| 13 | 2903028 | San Basilio | PM | 1.608.573 | 877.342 | 1061 |
| 14 | 2903031 | Nispero El | PM | 1.590.230 | 851.685 | 1525 |
| 15 | 2903032 | Rocha | PM | 1006 N | 7525 W | 1065 |
| 16 | 2903037 | Sta Ana | PM | 1.623.478 | 839.036 | 835 |
| 17 | 2903049 | Miranda | PM | 1.577.594 | 864.050 | 1844 |
| 18 | 2903503 | Presa Ay Grande | CO | 1.580.961 | 864.449 | 1641 |
| 19 | 2903504 | Nueva Florida | CP | 1.592.038 | 860.833 | 1472 |
| 20 | 2903508 | Normal Manatí | CO | 1.647.600 | 902.700 | 1052 |
| 21 | 2903510 | Santa Lucía | CO | 1.580.961 | 864.449 | 1160 |
| 22 | 2903512 | Limón El | CO | 1.643.558 | 892.067 | 968 |
| 23 | 2903517 | El Vizo | PM | 1.612.600 | 871.500 | 1500 |
| 24 | 2903518 | Presa Ay Matuya | ME | 1.590.174 | 866.311 | 1844 |
| 25 | 2904019 | Sabanalarga | PM | 1.667.798 | 908.170 | 1243 |
| 26 | 2904024 | Usiacurí | PG | 1.680.725 | 900.913 | 987 |
| 27 | 2904031 | San Pedrito Alerta | PM | 1.627.237 | 908.063 | 1061 |

**CONVENCIONES**

PM Pluviométrica
PG Pluviográfica
CO Climatológica Ordinaria
CP Climatológica Principal
ME Meteorológica Especial
SP Sinóptica Principal

Fuente: Datos tomados de Universidad Nacional (2002), Universidad del Norte (2003) y CARDIQUE (2004).

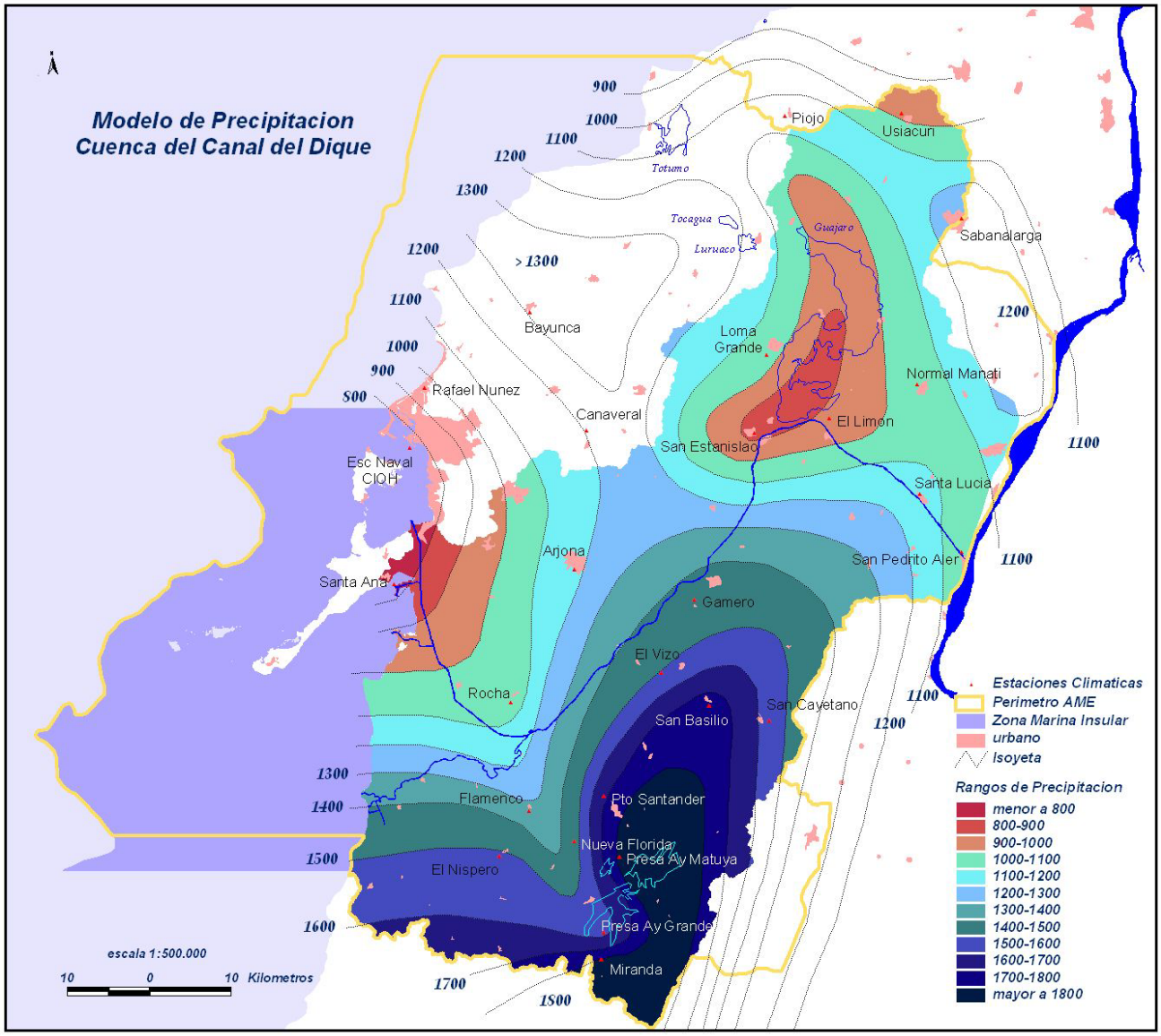



**Figura 22**: Distribución de isoyetas en la cuenca del Canal del Dique.

Fuente: Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad Nacional (2002). Universidad del Norte (2003) y CARDIQUE (2004).

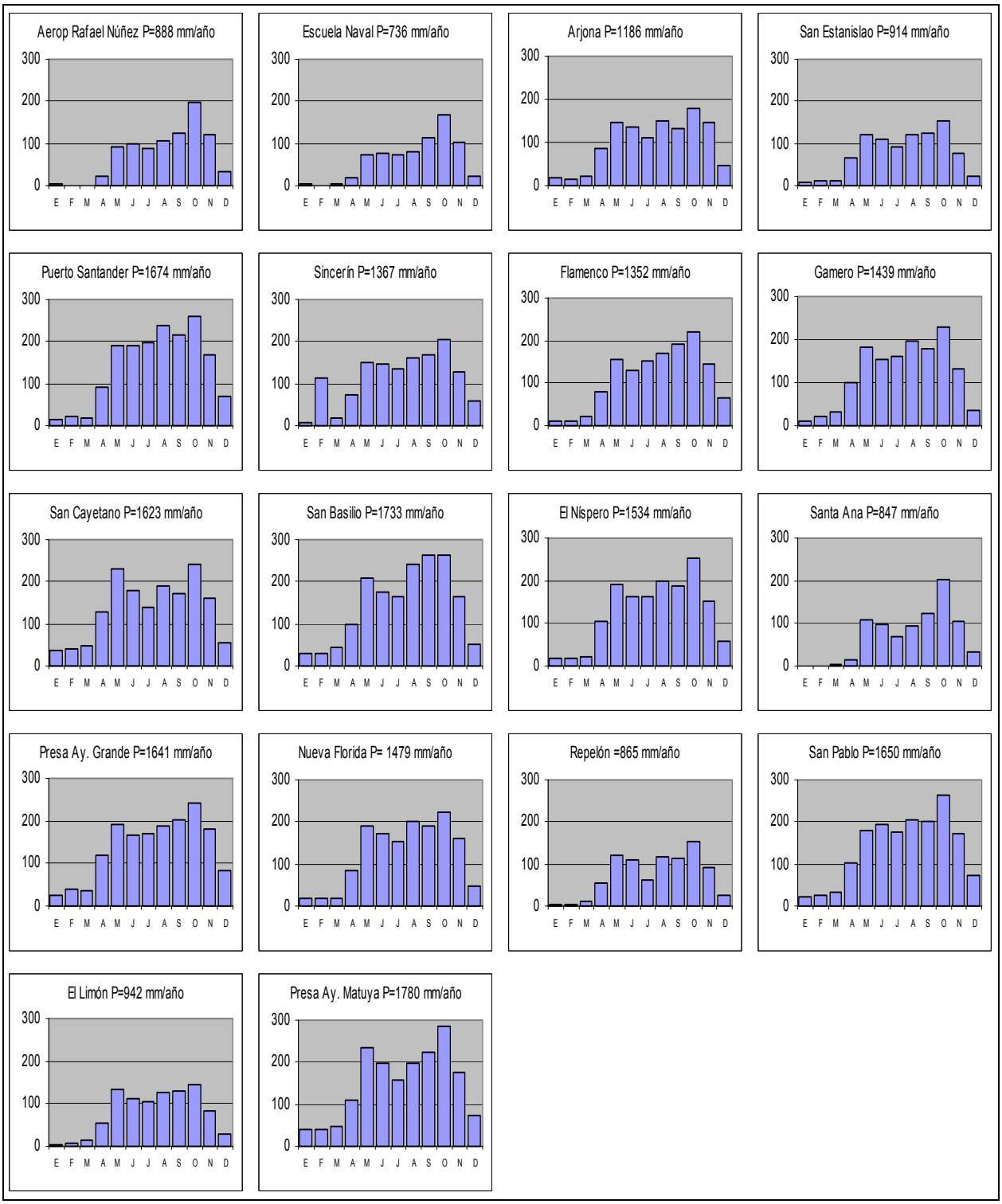



**Figura 23** Histogramas de lluvias en las principales estaciones de la cuenca.

Fuente: Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad Nacional (2002). Universidad del Norte (2003) y CARDIQUE (2004).

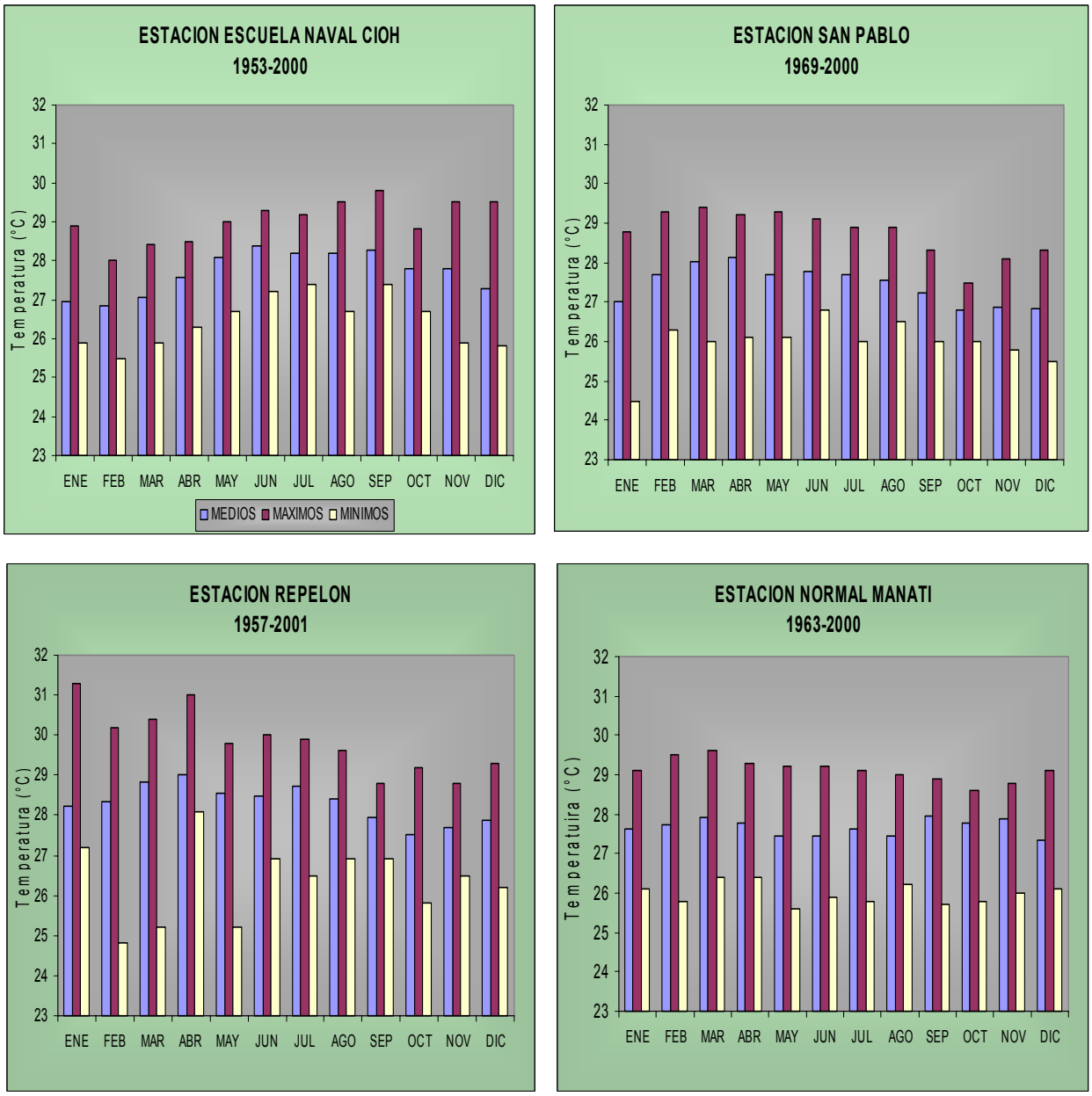



**Figura 24**: Temperaturas medias mensuales.
Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

Las temperaturas medias máximas oscilan entre los 29°C y los 30°C, observándose que en la zona del embalse del Guájaro están entre 30°C y 32°C, lo que confirma la presencia de un microclima cálido y seco en esta región. Las temperaturas medias mínimas mensuales oscilan entre los 24,5°C y los 26,2°C, con una distribución dentro del año similar a la de las temperaturas medias, es decir, en los primeros meses del año hacia la zona costera, y en el segundo semestre para el resto de la cuenca.

**Humedad relativa**. La humedad relativa media anual en la zona de la cuenca está entre el 79% y el 84%, con valores máximos medios que alcanzan hasta el 90% y valores mínimos medios que bajan hasta el 68% (Figura 21). En general, es muy regular la humedad relativa y alcanza los mayores valores hacia el segundo semestre del año. Las diferencias entre los períodos de mayor y de menor humedad suelen ser del 10% en la zona central de la cuenca y del 5% para la zona de la costa

**Evaporación.** De acuerdo con Universidad Nacional (2002), la evaporación media multianual para el área del delta del Canal del Dique es del orden de los 1700 mm, con un comportamiento dentro del año que es inverso al de la precipitación (máximos de precipitación en fase con mínimos de evaporación) y con un rezago temporal de aproximadamente un mes. Para toda la cuenca, según datos de UniNorte (2003) la evaporación media mensual se mueve entre los 116 mm que se registran en la región de Marialabaja y los 160 mm en la región del Guájaro.

Los máximos mensuales se registran en los primeros meses del año, cuando se dan los mínimos de lluvia, con valores que llegan hasta los 270 mm sobre la línea de costa, y los mínimos ocurren en el segundo semestre con valores de 43 mm en la zona de Marialabaja (Figura 22). Vale mencionar que en estudios climáticos regionales se ha observado que para esta zona la evaporación real es aproximadamente 70% de la potencial.

**Vientos.** Los vientos predominantes en la zona costera del Caribe colombiano son los alisios del Norte y del Noreste por su posición entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, en los cuales es notoria la influencia de los desplazamientos norte-sur de la ZCIT; en la estación seca, cuando está en posición meridional, soplan desde el NE fuerte y constantemente (Figura 23). En la estación húmeda, cuando la ZCIT está en posición septentrional, los alisios se convierten en vientos de poca fuerza y dirección variable (Universidad Nacional, 2002).

También es importante el sistema de brisas de mar y tierra: en el día genera vientos desde el mar hacia tierra que se hacen más intensos hacia las horas de la tarde, para luego disminuir e invertir la dirección desde tierra hacia el mar en horas de la noche. La predominancia del ciclo anual del viento marca las condiciones oceánicas del litoral, con vientos provenientes del Norte entre noviembre y julio y variables en dirección y en fuerza el resto del año.

En octubre, con intensas las lluvias en la región, la prevalencia de vientos provenientes del cuadrante S – W. Las velocidades mayores se presentan en los primeros meses del año. Según los registros de la Estación Aeropuerto Rafael Núñez, en este período se alcanzan velocidades de hasta 4,5 m/s. En el segundo semestre no superan los 2,0 m/s.

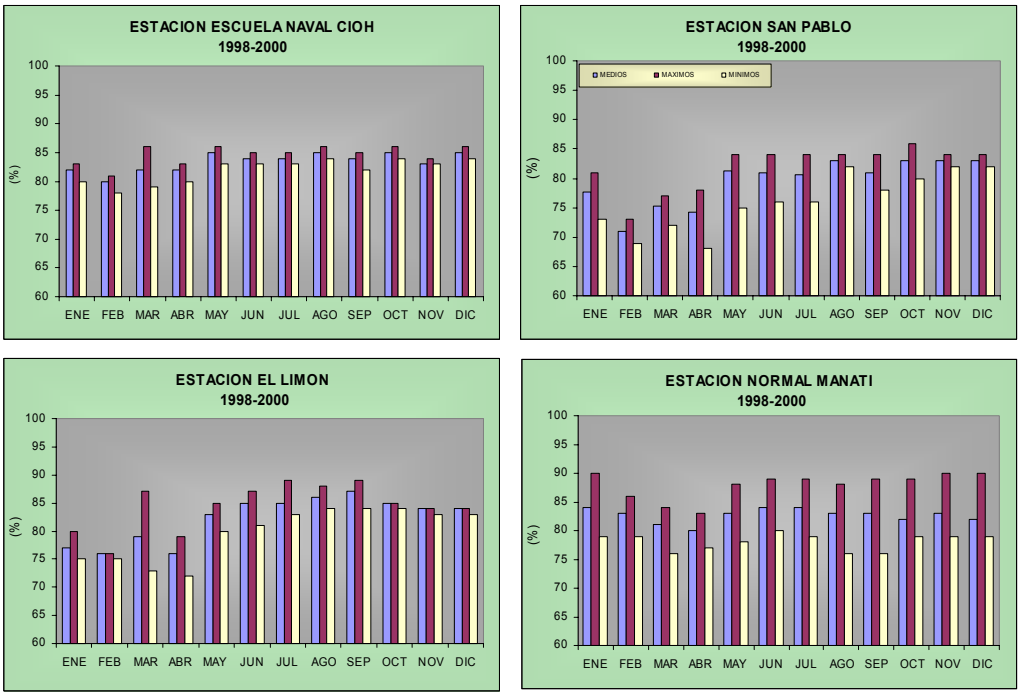



**Figura 25** Humedad relativa media mensual.

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

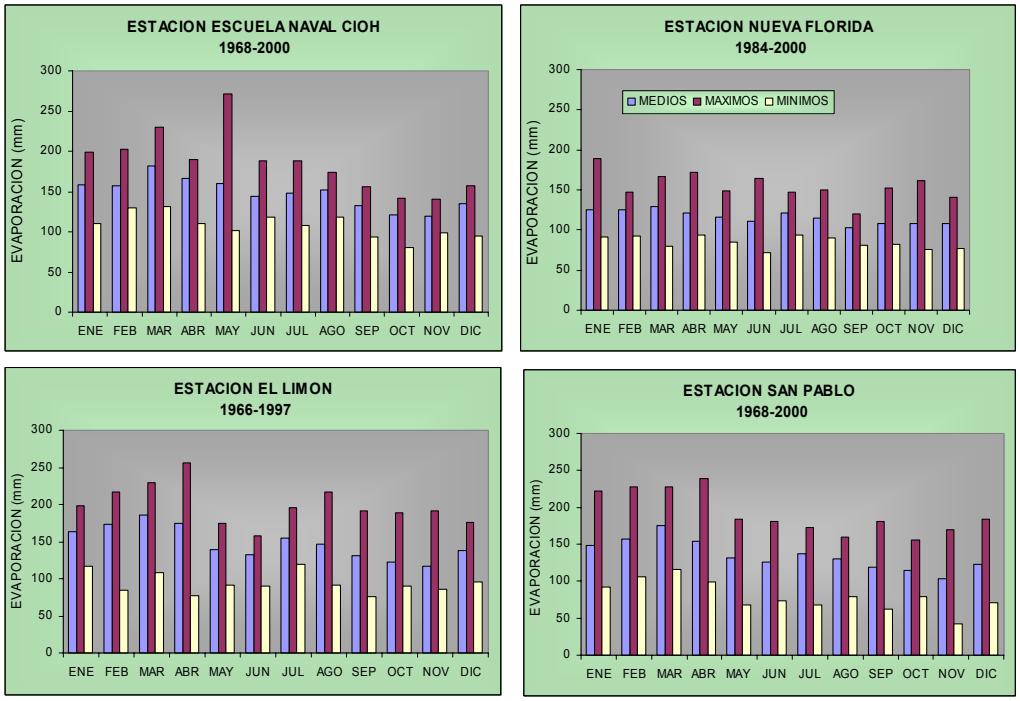



**Figura 26** Evaporación media mensual.

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

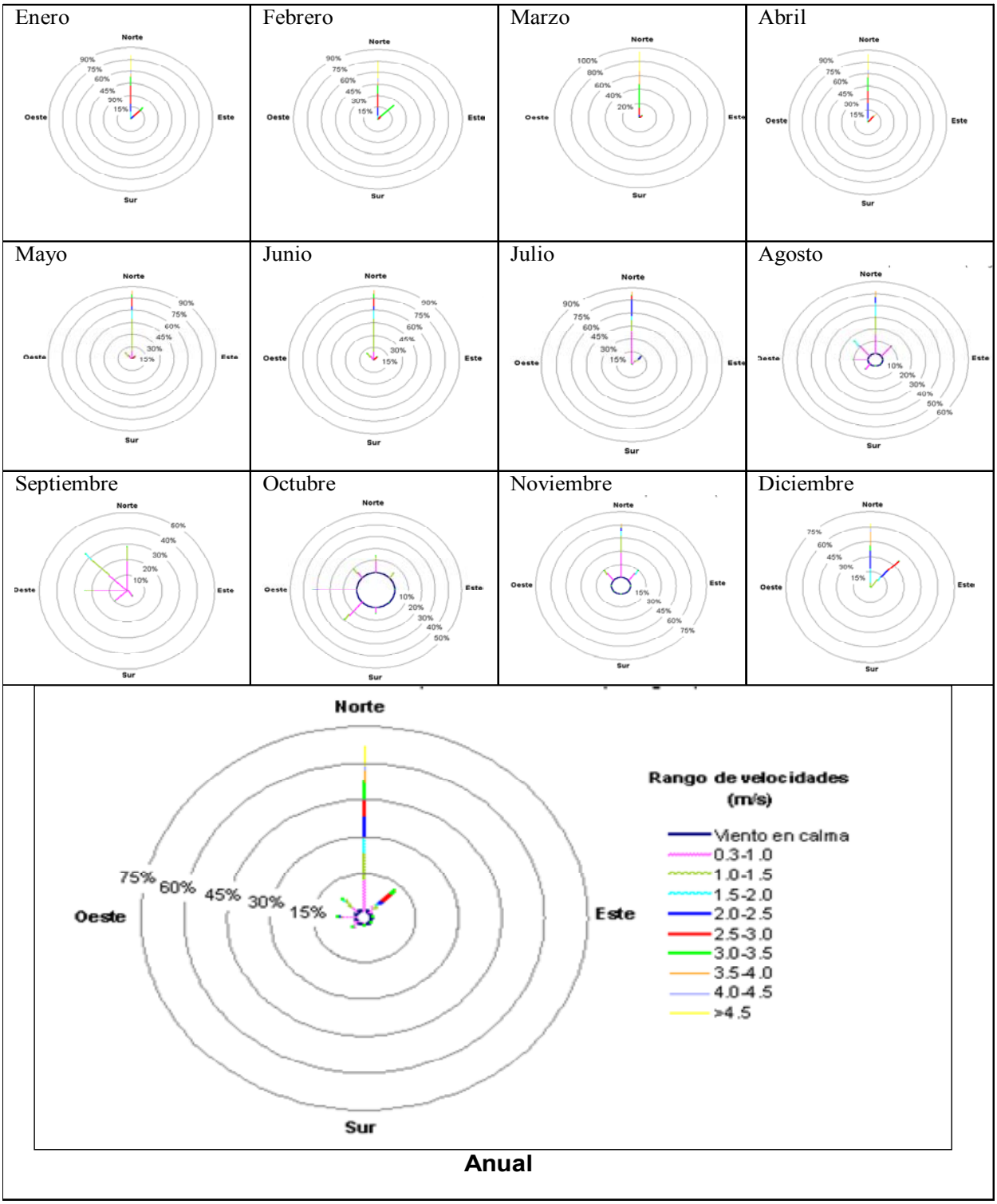



**Figura 27** Régimen de vientos. Fuente: Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad Nacional (2002)

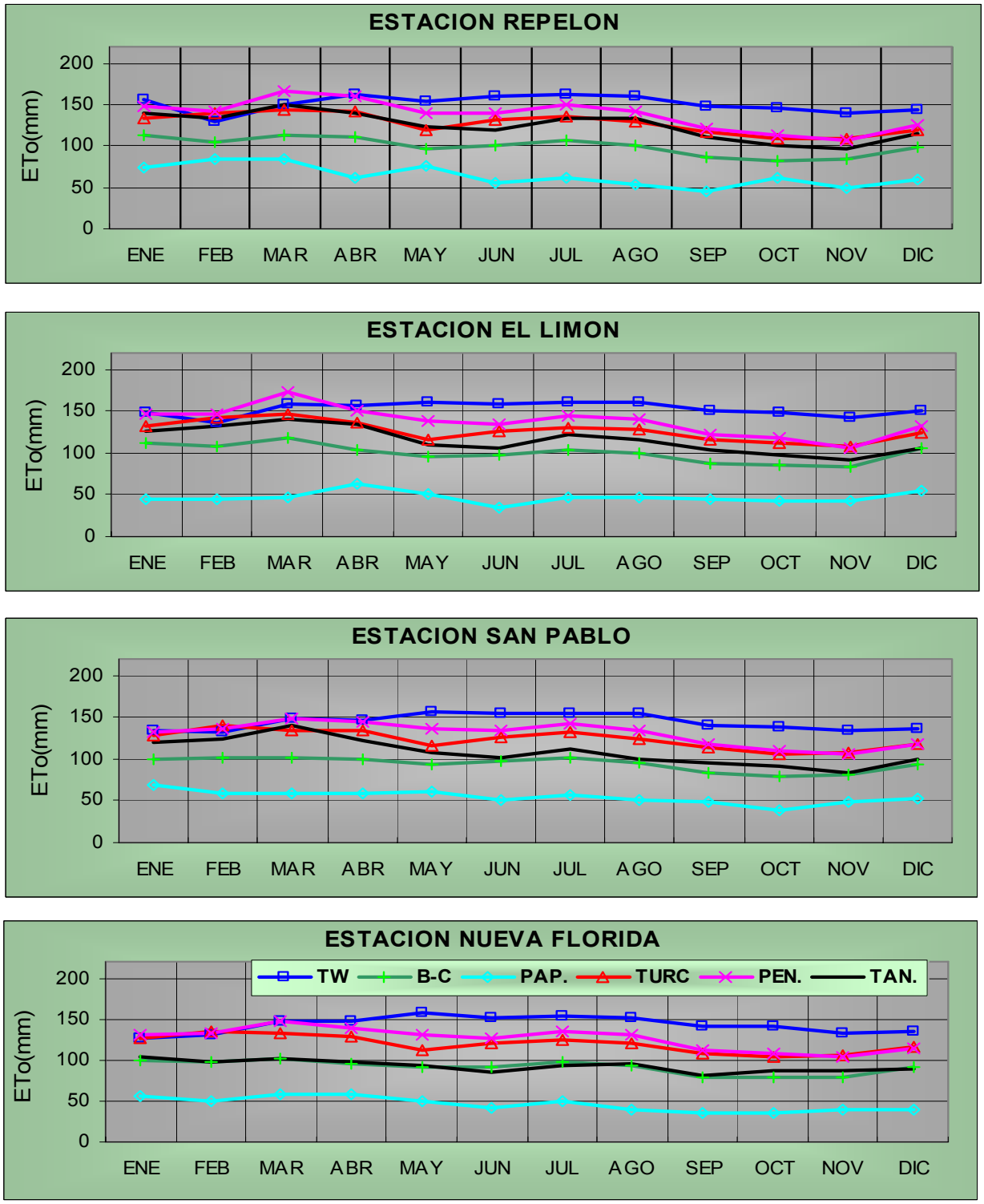



**Figura 28** Evapotranspiración potencial.

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

**Evapotranspiración ETP.** Es el proceso combinado de evaporación y transpiración en el suelo húmedo. La ETP real es ese proceso bajo condiciones reales atmosféricas y de humedad del suelo. La ETP potencial es la pérdida máxima bajo condiciones de suministro permanente de agua. UniNorte (2003) calculó la ETP potencial utilizando las formulaciones propuestas por varios autores, entre ellos Thornthwaite, Blaney – Criddle, Papadakis, Turc y Penman, para las estaciones de Repelón, El Limón, San Pablo y Nueva Florida (Figura 24).

Se observa en la Figura 24 que la ETP estimada con Thornthwaite sobre pasa en el segundo semestre los resultados obtenidos con las demás formulaciones. Los obtenidos con Turc y Penman mantienen valores razonablemente parejos a lo largo del año y serán considerados para el balance hídrico. En cuanto a la variación territorial, se aprecia que la ETP es más intensa en la zona norte de la cuenca, variando desde un máximo de 170 mm en el primer semestre del año a un mínimo de 110 mm en el segundo semestre, que en la zona sur, donde los valores pasan de 150 a 102 mm.

- **Condiciones de Escorrentía**

Las condiciones climáticas, relacionadas con las condiciones de la escorrentía, esto es, el área, el relieve y el uso de la cuenca, permiten establecer la fracción de las lluvias que se convertirá en escorrentía y que se integrará con los aportes del Canal del Dique en el sistema asociado de ciénagas. Como primera tarea y debido a la variación de los elementos que definen esas condiciones a lo largo de la cuenca, el área de drenaje se ha subdivido en subcuencas el terreno de la cuenca. Luego se presentarán las características morfométricas de estas subcuencas, la precipitación efectiva y la magnitud de la escorrentía que cada una de ellas genera. Finalmente, se establecerá un balance hídrico climático al nivel de subcuenca.

**Subcuencas principales.** Como la mayoría de las corrientes de la cuenca descargan en las ciénagas asociadas al Canal del Dique, para dividir el territorio de estudio en subcuencas se tomó como criterio principal el de agrupar en una subcuenca todas las microcuencas que drenan a un solo cuerpo cenagoso. Muy pocas corrientes descargan directamente en el canal como los arroyos Caimán y Cabildo, al oeste de la cuenca; la ciénaga de Juan Gómez recibe aguas de la subcuenca y también directamente del canal a través de un equipo de bombeo instalado por la operadora del acueducto de Cartagena ACUACAR (Figura 25).

En las partes altas de la subcuenca de Marialabaja existen dos represas que abastecen al sistema de riego del Distrito de Marialabaja; junto con el pondaje de aguas abajo, estas dos represas marcan unas condiciones especiales de preservación del área de drenaje que es necesario fortalecer para garantizar la regulación en los embalses y para mejorar la calidad del agua de suministro al distrito de riego.

**Precipitaciones medias por subcuencas.** Para estimar estos valores al nivel anual se utilizaron las curvas isoyetas (Figura 18) a partir de los datos de la precipitación media multianual de las estaciones que se presentaron en la Tabla 5. Para los valores del nivel mensual se utilizaron los porcentajes de distribución dentro del año que presentó UniNorte (2003) para las subcuencas que determinaron, las cuales tienen una configuración similar a las establecidas en este informe. Para subcuencas no establecidas por UniNorte (2003) se aplicaron factores de corrección en función de las precipitaciones observadas en estaciones cercanas. El comportamiento es monomodal de las lluvias en toda la cuenca (Tabla 6), con un período de bajas lluvias entre diciembre y abril y un período lluvioso entre mayo y noviembre; en azul se resalta el mes de octubre por ser el de mayores precipitaciones en todo el año para la mayoría de las estaciones. La subcuenca de mayor precipitación es la de Alto Matuya, con 1770 mm/año, justo donde están los embalses de Matuya y Arroyo Grande, que surten el Distrito de riego de Marialabaja. La subcuenca más seca es la de la isla de Barú, con 840 mm/año debido en parte a la ausencia de geoformas de altura que permitan precipitar la humedad del aire.

Este mismo comportamiento dentro del año se observa para toda la cuenca del Canal del Dique (Figura 26), donde las lluvias medias anuales son del orden de los 1292 mm, distribuidas en los dos ciclos anuales señalados. También se destaca la presencia del *veranillo de San Juan* hacia los meses de junio y julio y la del mes más lluvioso en octubre

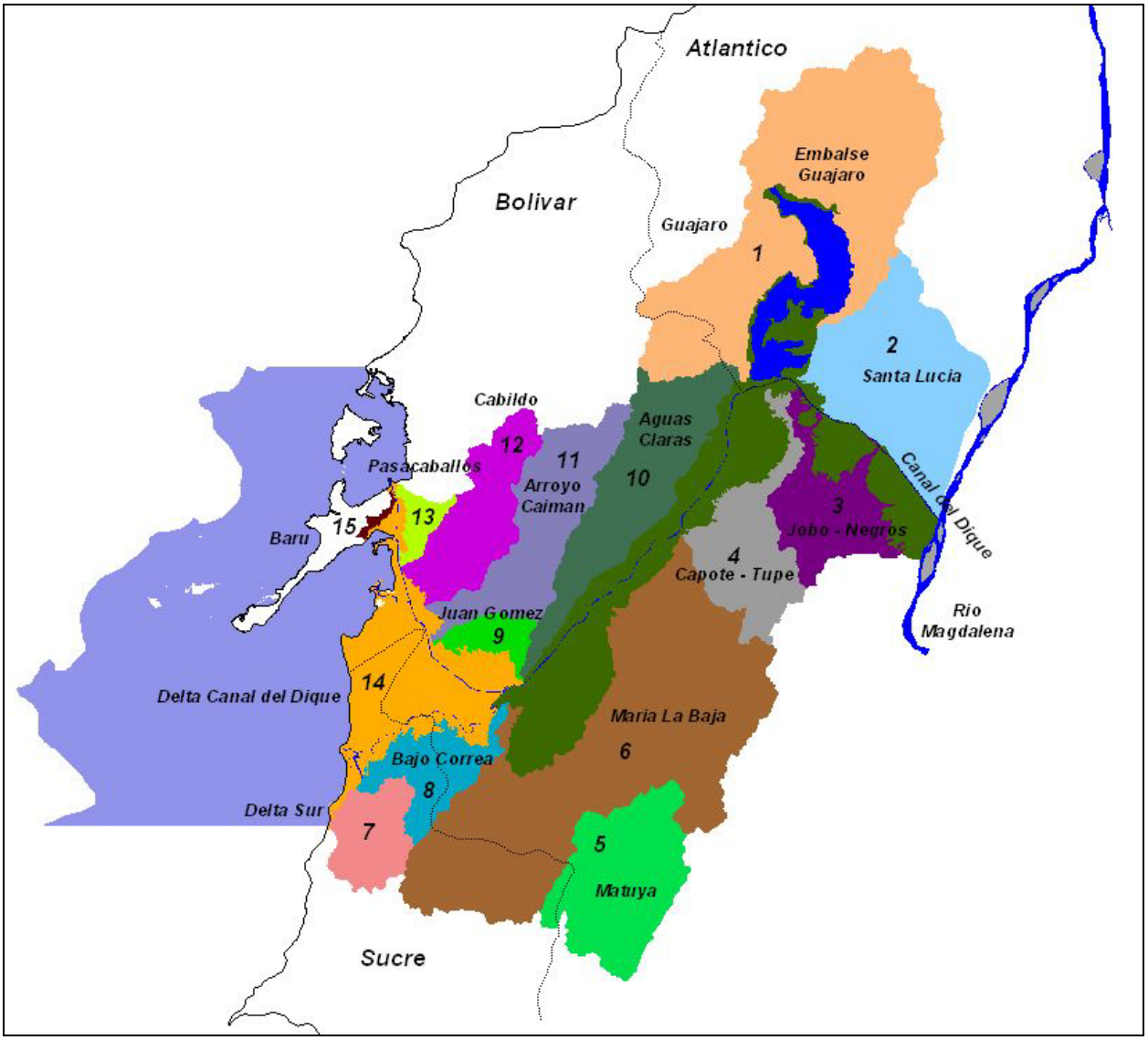



**Figura 29** Subcuencas principales. Fuente: Preparado por Conservación Internacional (2006)

**Tabla 6**: Precipitaciones medias mensuales por subcuencas.

| No. | Nombre | Area (km2) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Guájaro | 755 | 12,6 | 12,7 | 17,3 | 68,0 | 145,5 | 128,6 | 105,7 | 135,1 | 144,4 | 166,9 | 100,6 | 27,6 | 1065 |
| 2 | Santa Lucía | 189 | 10,1 | 12,7 | 22,8 | 77,9 | 154,1 | 126,9 | 105,4 | 134,5 | 135,5 | 145,8 | 99,4 | 28,0 | 1053 |
| 3 | Jobo - Negros | 164 | 10,9 | 11,9 | 27,9 | 86,8 | 176,3 | 149,5 | 118,5 | 159,8 | 141,4 | 178,8 | 106,2 | 27,0 | 1195 |
| 4 | Capote - Tupe | 202 | 17,9 | 27,6 | 31,4 | 95,5 | 178,6 | 157,7 | 134,7 | 172,0 | 166,5 | 213,8 | 124,2 | 45,1 | 1365 |
| 5 | Alto Matuya | 256 | 22,6 | 32,6 | 38,0 | 112,3 | 206,0 | 198,0 | 192,7 | 231,4 | 217,4 | 268,6 | 174,3 | 76,2 | 1770 |
| 6 | Marialabaja | 846 | 21,0 | 30,1 | 35,2 | 104,0 | 190,6 | 183,2 | 178,3 | 214,1 | 201,2 | 248,5 | 161,3 | 70,5 | 1638 |
| 7 | Delta sur | 91 | 19,1 | 27,5 | 32,1 | 94,9 | 174,0 | 167,2 | 162,8 | 195,4 | 183,6 | 226,8 | 147,2 | 64,4 | 1495 |
| 8 | Bajo Correa | 135 | 17,7 | 25,4 | 29,6 | 87,6 | 160,6 | 154,4 | 150,3 | 180,4 | 169,5 | 209,4 | 135,9 | 59,4 | 1380 |
| 9 | Juan Gómez | 47 | 11,1 | 12,3 | 17,6 | 61,8 | 130,7 | 113,7 | 119,3 | 142,5 | 146,9 | 178,8 | 123,1 | 52,3 | 1110 |
| 10 | Aguas Claras | 285 | 13,3 | 18,8 | 22,6 | 86,0 | 155,7 | 148,8 | 132,7 | 170,3 | 158,5 | 201,0 | 123,6 | 43,8 | 1275 |
| 11 | Ay Caimán | 235 | 15,5 | 12,5 | 17,5 | 69,3 | 140,3 | 131,1 | 109,0 | 153,2 | 134,7 | 192,8 | 135,9 | 48,2 | 1160 |
| 12 | Ay Cabildo | 177 | 14,0 | 11,3 | 15,7 | 62,4 | 126,4 | 118,1 | 98,2 | 138,0 | 121,4 | 173,6 | 122,4 | 43,4 | 1045 |
| 13 | Pasacaballos | 35 | 1,5 | 1,6 | 5,2 | 19,4 | 107,8 | 97,6 | 73,3 | 99,1 | 121,5 | 206,4 | 105,5 | 37,0 | 876 |
| 14 | Delta Canal del Dique | 310 | 1,9 | 2,0 | 6,7 | 24,9 | 138,6 | 125,4 | 94,3 | 127,4 | 156,1 | 265,4 | 135,7 | 47,6 | 1126 |
| 15 | Barú | 165 | 1,4 | 1,5 | 5,0 | 18,6 | 103,4 | 93,6 | 70,3 | 95,0 | 116,5 | 198,0 | 101,2 | 35,5 | 840 |
| Total Area | | 3892 | 14,3 | 18,3 | 23,6 | 77,8 | 160,6 | 148,1 | 131,4 | 165,8 | 162,9 | 210,1 | 130,3 | 48,4 | 1291,7 |

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

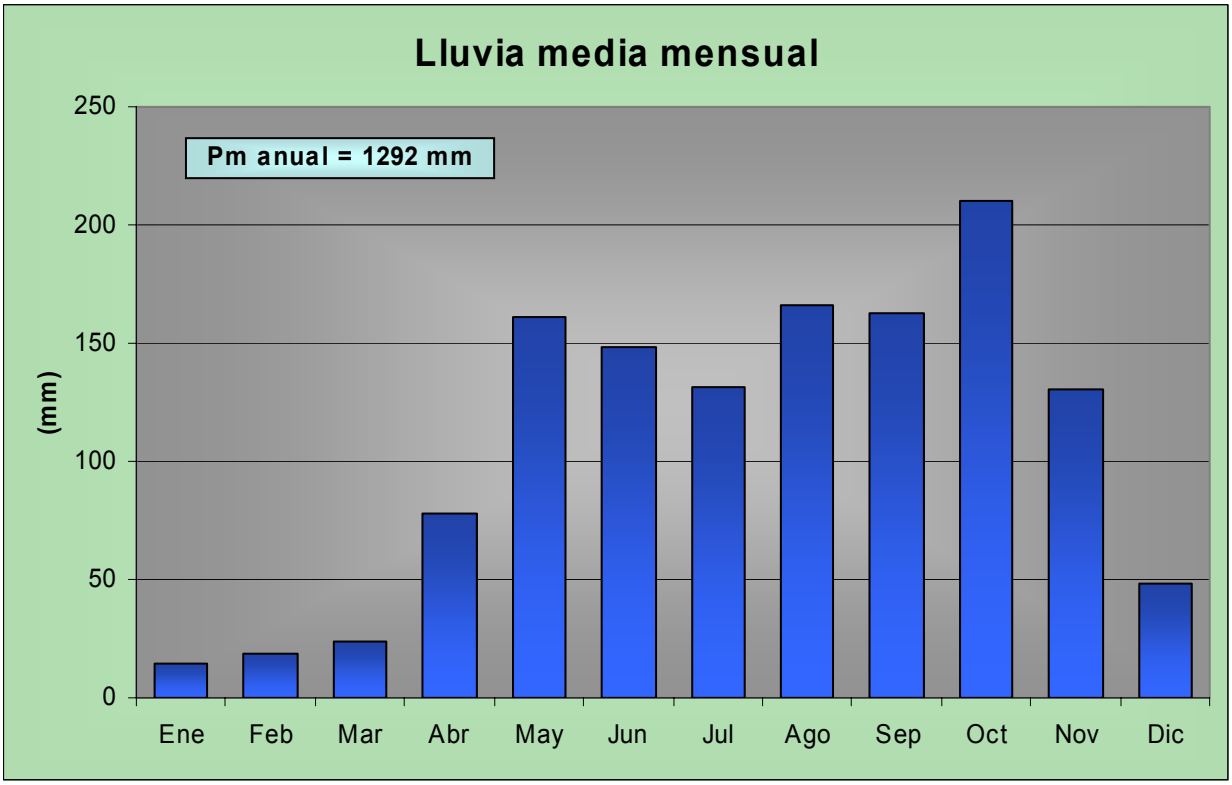



**Figura 30** Distribución dentro del año de la precipitación en toda la cuenca.
Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

**Precipitación efectiva.** La precipitación efectiva es aquella parte de la lluvia que finalmente escurre hacia las corrientes de la zona, luego de pérdidas sufridas por cuenta de la intercepción por parte de las plantas y de otros elementos, del almacenamiento en depresiones bajas de la cuenca y de la infiltración, es decir; que la primera parte del aguacero se pierde y luego de cierta magnitud comienza el escurrimiento. La fracción de lluvia que supera estas pérdidas se conoce también con el nombre de escorrentía. UniNorte (2003) utilizó el modelo HEC1[12] para estimar la escorrentía de las subcuencas y con base en ella determinó esa fracción o factor de escorrentía.

Para el caso de las subcuencas de este informe se adaptaron los factores de escorrentía de UniNorte (2003) a las condiciones y configuración de estas subcuencas y mediante la aplicación de estos factores se estimó la precipitación efectiva o neta en cada una de las subcuencas (Tabla 7).

**Evaporación media por subcuencas.** Para obtener estos valores se utilizó un procedimiento similar al de las precipitaciones medias, es decir, se tomaron los valores de la evaporación media mensual para las subcuencas comunes y se aplicaron factores de corrección para las diferentes (Tabla 8).

- **Balance hídrico climático de las subcuencas**

Se realizó mediante la determinación del almacenamiento en el subsuelo, a partir de la información ya presentada en las Tablas 6, 7 y 8. Los resultados se presentan en la Tabla 9 con el cálculo detallado y en la Tabla 10 un resumen de los resultados del almacenamiento. En la Figura 27 se indica el comportamiento anual del balance.

[12] Del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos

**Tabla 7** Precipitación efectiva en las subcuencas.

| Lluvia neta | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Guájaro | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 7,3 | 20,6 | 14,8 | 23,0 | 17,3 | 20,0 | 8,0 | 0,0 |
| 2 | Santa Lucía | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,2 | 27,7 | 16,5 | 0,0 | 28,2 | 24,4 | 14,6 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | Jobo - Negros | 0,0 | 0,0 | 5,6 | 0,0 | 5,3 | 2,7 | 1,2 | 4,8 | 9,9 | 10,7 | 5,3 | 0,0 |
| 4 | Capote - Tupe | 0,0 | 0,0 | 5,7 | 0,0 | 5,4 | 25,2 | 0,0 | 5,2 | 8,3 | 10,7 | 5,0 | 0,0 |
| 5 | Alto Matuya | 0,0 | 2,3 | 3,8 | 5,6 | 14,4 | 21,8 | 17,3 | 9,3 | 30,4 | 13,4 | 7,0 | 0,0 |
| 6 | Marialabaja | 0,0 | 2,1 | 3,5 | 5,2 | 13,3 | 20,2 | 16,1 | 8,6 | 28,2 | 12,4 | 6,5 | 0,0 |
| 7 | Delta sur | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 6,6 | 24,4 | 21,7 | 22,8 | 0,0 | 18,4 | 11,3 | 4,4 | 0,0 |
| 8 | Bajo Correa | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 6,1 | 22,5 | 20,1 | 21,0 | 0,0 | 16,9 | 10,5 | 4,1 | 0,0 |
| 9 | Juan Gómez | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 4,3 | 18,3 | 14,8 | 16,7 | 0,0 | 14,7 | 8,9 | 3,7 | 0,0 |
| 10 | Aguas Claras | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 3,4 | 4,7 | 8,9 | 0,0 | 13,6 | 7,9 | 4,0 | 4,9 | 0,0 |
| 11 | Ay Caimán | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 11,1 | 4,2 | 13,1 | 1,1 | 7,7 | 0,0 | 3,9 | 1,4 | 0,0 |
| 12 | Ay Cabildo | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 10,0 | 3,8 | 11,8 | 1,0 | 6,9 | 0,0 | 3,5 | 1,2 | 0,0 |
| 13 | Pasacaballos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 29,3 | 2,2 | 1,0 | 7,3 | 28,9 | 12,7 | 0,0 |
| 14 | Delta Canal del Dique | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,6 | 2,8 | 1,3 | 9,4 | 37,2 | 16,3 | 0,0 |
| 15 | Barú | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,1 | 2,1 | 1,0 | 7,0 | 27,7 | 12,1 | 0,0 |

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

**Tabla 8** Evaporación media mensual por subcuencas.

| Evaporación por subcuencas | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Guájaro | 171,10 | 175,20 | 193,25 | 177,05 | 147,01 | 141,05 | 162,00 | 156,58 | 135,91 | 124,30 | 119,90 | 144,35 |
| 2 | Santa Lucía | 162,90 | 173,70 | 185,70 | 174,20 | 139,50 | 132,50 | 155,30 | 146,00 | 130,50 | 122,20 | 117,00 | 138,40 |
| 3 | Jobo - Negros | 155,90 | 165,04 | 180,78 | 164,38 | 135,83 | 129,38 | 146,14 | 137,79 | 124,93 | 118,15 | 109,95 | 130,94 |
| 4 | Capote - Tupe | 155,90 | 165,04 | 180,78 | 164,38 | 135,83 | 129,38 | 146,14 | 137,79 | 124,93 | 118,15 | 109,95 | 130,94 |
| 5 | Alto Matuya | 125,79 | 125,54 | 128,88 | 121,69 | 116,21 | 110,79 | 121,01 | 115,42 | 102,86 | 107,86 | 108,75 | 107,84 |
| 6 | Marialabaja | 137,34 | 140,96 | 152,37 | 138,12 | 124,19 | 118,52 | 128,99 | 122,50 | 111,11 | 110,98 | 105,83 | 115,56 |
| 7 | Delta sur | 137,34 | 140,96 | 152,37 | 138,12 | 124,19 | 118,52 | 128,99 | 122,50 | 111,11 | 110,98 | 105,83 | 115,56 |
| 8 | Bajo Correa | 137,34 | 140,96 | 152,37 | 138,12 | 124,19 | 118,52 | 128,99 | 122,50 | 111,11 | 110,98 | 105,83 | 115,56 |
| 9 | Juan Gómez | 125,79 | 125,54 | 128,88 | 121,69 | 116,21 | 110,79 | 121,01 | 115,42 | 102,86 | 107,86 | 108,75 | 107,84 |
| 10 | Aguas Claras | 163,70 | 168,93 | 187,45 | 169,55 | 142,06 | 136,12 | 153,66 | 147,58 | 130,39 | 120,90 | 114,23 | 137,40 |
| 11 | Ay Caimán | 153,47 | 156,44 | 178,81 | 160,53 | 145,73 | 135,50 | 142,82 | 140,69 | 126,00 | 117,60 | 111,28 | 129,16 |
| 12 | Ay Cabildo | 153,47 | 156,44 | 178,81 | 160,53 | 145,73 | 135,50 | 142,82 | 140,69 | 126,00 | 117,60 | 111,28 | 129,16 |
| 13 | Pasacaballos | 141,92 | 141,02 | 155,32 | 144,10 | 137,76 | 127,77 | 134,83 | 133,62 | 117,75 | 114,49 | 114,21 | 121,23 |
| 14 | Delta Canal del Dique | 141,92 | 141,02 | 155,32 | 144,10 | 137,76 | 127,77 | 134,83 | 133,62 | 117,75 | 114,49 | 114,21 | 121,23 |
| 15 | Barú | 141,92 | 141,02 | 155,32 | 144,10 | 137,76 | 127,77 | 134,83 | 133,62 | 117,75 | 114,49 | 114,21 | 121,23 |

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

**Tabla 9** Balance hídrico climático de las subcuencas.

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 1 Nombre: Guájaro

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 12,60 | 12,73 | 17,28 | 68,01 | 145,51 | 128,57 | 105,71 | 135,12 | 144,43 | 166,85 | 100,62 | 27,57 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,36 | 7,28 | 20,57 | 14,80 | 22,97 | 17,33 | 20,02 | 8,05 | 0,00 |
| Evaporación | -171,10 | -175,20 | -193,25 | -177,05 | -147,01 | -141,05 | -162,00 | -156,58 | -135,91 | -124,30 | -119,90 | -144,35 |
| Almacenamiento | -158,50 | -162,47 | -175,97 | -107,68 | 5,77 | 8,09 | -41,49 | 1,52 | 25,86 | 62,57 | -11,23 | -116,78 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 2 Nombre: Santa Lucía

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 10,14 | 12,66 | 22,80 | 77,86 | 154,12 | 126,88 | 105,36 | 134,49 | 135,50 | 145,83 | 99,37 | 28,00 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,23 | 27,74 | 16,49 | 0,00 | 28,24 | 24,39 | 14,58 | 0,00 | 0,00 |
| Evaporación | -162,90 | -173,70 | -185,70 | -174,20 | -139,50 | -132,50 | -155,30 | -146,00 | -130,50 | -122,20 | -117,00 | -138,40 |
| Almacenamiento | -152,76 | -161,04 | -162,90 | -90,11 | 42,36 | 10,87 | -49,94 | 16,74 | 29,39 | 38,22 | -17,63 | -110,40 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 3 Nombre: Jobo - Negros

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 10,85 | 11,88 | 27,93 | 86,80 | 176,34 | 149,54 | 118,48 | 159,78 | 141,40 | 178,85 | 106,19 | 26,96 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 5,59 | 0,00 | 5,29 | 2,69 | 1,18 | 4,79 | 9,90 | 10,73 | 5,31 | 0,00 |
| Evaporación | -155,90 | -165,04 | -180,78 | -164,38 | -135,83 | -129,38 | -146,14 | -137,79 | -124,93 | -118,15 | -109,95 | -130,94 |
| Almacenamiento | -145,05 | -153,16 | -147,26 | -77,58 | 45,80 | 22,85 | -26,47 | 26,79 | 26,37 | 71,43 | 1,55 | -103,98 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 4 Nombre: Capote - Tupe

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 17,89 | 27,57 | 31,42 | 95,53 | 178,59 | 157,66 | 134,74 | 171,97 | 166,52 | 213,77 | 124,22 | 45,12 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 5,66 | 0,00 | 5,36 | 25,23 | 0,00 | 5,16 | 8,33 | 10,69 | 4,97 | 0,00 |
| Evaporación | -155,90 | -165,04 | -180,78 | -164,38 | -135,83 | -129,38 | -146,14 | -137,79 | -124,93 | -118,15 | -109,95 | -130,94 |
| Almacenamiento | -138,01 | -137,47 | -143,70 | -68,85 | 48,12 | 53,51 | -11,40 | 39,34 | 49,92 | 106,30 | 19,24 | -85,82 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 5 Nombre: Alto Matuya

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 22,64 | 32,56 | 38,02 | 112,34 | 205,95 | 198,00 | 192,71 | 231,35 | 217,39 | 268,55 | 174,29 | 76,19 |
| Precipitación neta | 0,00 | 2,28 | 3,80 | 5,62 | 14,42 | 21,78 | 17,34 | 9,25 | 30,43 | 13,43 | 6,97 | 0,00 |
| Evaporación | -125,79 | -125,54 | -128,88 | -121,69 | -116,21 | -110,79 | -121,01 | -115,42 | -102,86 | -107,86 | -108,75 | -107,84 |
| Almacenamiento | -103,15 | -90,70 | -87,06 | -3,73 | 104,16 | 108,99 | 89,05 | 125,19 | 144,96 | 174,12 | 72,51 | -31,65 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 6 Nombre: Marialabaja

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 20,95 | 30,13 | 35,19 | 103,97 | 190,59 | 183,23 | 178,34 | 214,10 | 201,17 | 248,53 | 161,29 | 70,51 |
| Precipitación neta | 0,00 | 2,11 | 3,52 | 5,20 | 13,34 | 20,16 | 16,05 | 8,56 | 28,16 | 12,43 | 6,45 | 0,00 |
| Evaporación | -137,34 | -140,96 | -152,37 | -138,12 | -124,19 | -118,52 | -128,99 | -122,50 | -111,11 | -110,98 | -105,83 | -115,56 |
| Almacenamiento | -116,39 | -108,72 | -113,66 | -28,96 | 79,74 | 84,87 | 65,40 | 100,16 | 118,23 | 149,97 | 61,91 | -45,05 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 7 Nombre: Delta sur

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 19,12 | 27,50 | 32,12 | 94,89 | 173,95 | 167,24 | 162,77 | 195,41 | 183,61 | 226,83 | 147,21 | 64,36 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,82 | 0,00 | 6,64 | 24,35 | 21,74 | 22,79 | 0,00 | 18,36 | 11,34 | 4,42 | 0,00 |
| Evaporación | -137,34 | -140,96 | -152,37 | -138,12 | -124,19 | -118,52 | -128,99 | -122,50 | -111,11 | -110,98 | -105,83 | -115,56 |
| Almacenamiento | -118,22 | -112,64 | -120,25 | -36,59 | 74,12 | 70,46 | 56,57 | 72,91 | 90,86 | 127,19 | 45,79 | -51,20 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 8 Nombre: Bajo Correa

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 17,65 | 25,38 | 29,64 | 87,59 | 160,57 | 154,37 | 150,25 | 180,38 | 169,49 | 209,38 | 135,88 | 59,41 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,76 | 0,00 | 6,13 | 22,48 | 20,07 | 21,04 | 0,00 | 16,95 | 10,47 | 4,08 | 0,00 |
| Evaporación | -137,34 | -140,96 | -152,37 | -138,12 | -124,19 | -118,52 | -128,99 | -122,50 | -111,11 | -110,98 | -105,83 | -115,56 |
| Almacenamiento | -119,69 | -114,82 | -122,73 | -44,40 | 58,86 | 55,92 | 42,30 | 57,88 | 75,33 | 108,87 | 34,13 | -56,15 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 9 Nombre: Juan Gómez

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 11,07 | 12,25 | 17,59 | 61,78 | 130,73 | 113,68 | 119,34 | 142,51 | 146,95 | 178,77 | 123,06 | 52,28 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,37 | 0,00 | 4,32 | 18,30 | 14,78 | 16,71 | 0,00 | 14,69 | 8,94 | 3,69 | 0,00 |
| Evaporación | -125,79 | -125,54 | -128,88 | -121,69 | -116,21 | -110,79 | -121,01 | -115,42 | -102,86 | -107,86 | -108,75 | -107,84 |
| Almacenamiento | -114,72 | -112,92 | -111,29 | -55,59 | 32,82 | 17,67 | 15,03 | 27,09 | 58,78 | 79,85 | 18,00 | -55,56 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 10 Nombre: Aguas Claras

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 13,30 | 18,83 | 22,57 | 86,01 | 155,68 | 148,75 | 132,67 | 170,28 | 158,50 | 201,00 | 123,62 | 43,79 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 1,58 | 3,44 | 4,67 | 8,93 | 0,00 | 13,62 | 7,93 | 4,02 | 4,94 | 0,00 |
| Evaporación | -163,70 | -168,93 | -187,45 | -169,55 | -142,06 | -136,12 | -153,66 | -147,58 | -130,39 | -120,90 | -114,23 | -137,40 |
| Almacenamiento | -150,40 | -150,10 | -163,30 | -80,10 | 18,29 | 21,56 | -20,99 | 36,32 | 36,04 | 84,12 | 14,33 | -93,61 |

**Tabla 9** Balance hídrico climático de las subcuencas. (Continuación)

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 11 Nombre: Ay Caimán

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 15,49 | 12,55 | 17,47 | 69,30 | 140,26 | 131,08 | 109,05 | 153,23 | 134,72 | 192,75 | 135,88 | 48,22 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 2,27 | 11,09 | 4,21 | 13,11 | 1,09 | 7,66 | 0,00 | 3,86 | 1,36 | 0,00 |
| Evaporación | -153,47 | -156,44 | -178,81 | -160,53 | -145,73 | -135,50 | -142,82 | -140,69 | -126,00 | -117,60 | -111,28 | -129,16 |
| Almacenamiento | -137,98 | -143,89 | -159,07 | -80,14 | -1,26 | 8,69 | -32,68 | 20,21 | 8,72 | 79,01 | 25,96 | -80,94 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 12 Nombre: Ay Cabildo

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 13,96 | 11,30 | 15,73 | 62,43 | 126,35 | 118,08 | 98,24 | 138,04 | 121,36 | 173,64 | 122,41 | 43,44 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 2,05 | 9,99 | 3,79 | 11,81 | 0,98 | 6,90 | 0,00 | 3,47 | 1,22 | 0,00 |
| Evaporación | -153,47 | -156,44 | -178,81 | -160,53 | -145,73 | -135,50 | -142,82 | -140,69 | -126,00 | -117,60 | -111,28 | -129,16 |
| Almacenamiento | -139,51 | -145,14 | -161,03 | -88,11 | -15,59 | -5,61 | -43,60 | 4,25 | -4,64 | 59,52 | 12,36 | -85,72 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 13 Nombre: Pasacaballos

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 1,46 | 1,58 | 5,24 | 19,38 | 107,83 | 97,59 | 73,34 | 99,11 | 121,47 | 206,45 | 105,54 | 37,00 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 29,28 | 2,20 | 0,99 | 7,29 | 28,90 | 12,67 | 0,00 |
| Evaporación | -141,92 | -141,02 | -155,32 | -144,10 | -137,76 | -127,77 | -134,83 | -133,62 | -117,75 | -114,49 | -114,21 | -121,23 |
| Almacenamiento | -140,46 | -139,44 | -150,08 | -124,72 | -29,93 | -0,90 | -59,29 | -33,52 | 11,01 | 120,86 | 4,00 | -84,23 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 14 Nombre: Delta Canal del Dique

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 1,88 | 2,03 | 6,73 | 24,92 | 138,60 | 125,44 | 94,27 | 127,40 | 156,14 | 265,37 | 135,66 | 47,56 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 37,63 | 2,83 | 1,27 | 9,37 | 37,15 | 16,28 | 0,00 |
| Evaporación | -141,92 | -141,02 | -155,32 | -144,10 | -137,76 | -127,77 | -134,83 | -133,62 | -117,75 | -114,49 | -114,21 | -121,23 |
| Almacenamiento | -140,04 | -138,99 | -148,59 | -119,18 | 0,84 | 35,30 | -37,74 | -4,95 | 47,76 | 188,03 | 37,73 | -73,67 |

**Balance hídrico climático por subcuencas** Cuenca: 15 Nombre: Barú

| PARÁMETROS (mm) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación directa | 1,40 | 1,52 | 5,02 | 18,59 | 103,40 | 93,58 | 70,32 | 95,04 | 116,48 | 197,96 | 101,21 | 35,48 |
| Precipitación neta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,07 | 2,11 | 0,95 | 6,99 | 27,71 | 12,14 | 0,00 |
| Evaporación | -141,92 | -141,02 | -155,32 | -144,10 | -137,76 | -127,77 | -134,83 | -133,62 | -117,75 | -114,49 | -114,21 | -121,23 |
| Almacenamiento | -140,52 | -139,50 | -150,30 | -125,51 | -34,36 | -6,12 | -62,40 | -37,63 | 5,72 | 111,19 | -0,86 | -85,75 |

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), a partir de la metodología y datos de Universidad del Norte (2003)

**Tabla 10** Resumen del Balance hídrico climático de las subcuencas.

| No. | Nombre | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Guájaro | -158,50 | -162,47 | -175,97 | -107,68 | 5,77 | 8,09 | -41,49 | 1,52 | 25,86 | 62,57 | -11,23 | -116,78 |
| 2 | Santa Lucía | -152,76 | -161,04 | -162,90 | -90,11 | 42,36 | 10,87 | -49,94 | 16,74 | 29,39 | 38,22 | -17,63 | -110,40 |
| 3 | Jobo - Negros | -145,05 | -153,16 | -147,26 | -77,58 | 45,80 | 22,85 | -26,47 | 26,79 | 26,37 | 71,43 | 1,55 | -103,98 |
| 4 | Capote - Tupe | -138,01 | -137,47 | -143,70 | -68,85 | 48,12 | 53,51 | -11,40 | 39,34 | 49,92 | 106,30 | 19,24 | -85,82 |
| 5 | Alto Matuya | -103,15 | -90,70 | -87,06 | -3,73 | 104,16 | 108,99 | 89,05 | 125,19 | 144,96 | 174,12 | 72,51 | -31,65 |
| 6 | Marialabaja | -116,39 | -108,72 | -113,66 | -28,96 | 79,74 | 84,87 | 65,40 | 100,16 | 118,23 | 149,97 | 61,91 | -45,05 |
| 7 | Delta sur | -118,22 | -112,64 | -120,25 | -36,59 | 74,12 | 70,46 | 56,57 | 72,91 | 90,86 | 127,19 | 45,79 | -51,20 |
| 8 | Bajo Correa | -119,69 | -114,82 | -122,73 | -44,40 | 58,86 | 55,92 | 42,30 | 57,88 | 75,33 | 108,87 | 34,13 | -56,15 |
| 9 | Juan Gómez | -114,72 | -112,92 | -111,29 | -55,59 | 32,82 | 17,67 | 15,03 | 27,09 | 58,78 | 79,85 | 18,00 | -55,56 |
| 10 | Aguas Claras | -150,40 | -150,10 | -163,30 | -80,10 | 18,29 | 21,56 | -20,99 | 36,32 | 36,04 | 84,12 | 14,33 | -93,61 |
| 11 | Ay Caimán | -137,98 | -143,89 | -159,07 | -80,14 | -1,26 | 8,69 | -32,68 | 20,21 | 8,72 | 79,01 | 25,96 | -80,94 |
| 12 | Ay Cabildo | -139,51 | -145,14 | -161,03 | -88,11 | -15,59 | -5,61 | -43,60 | 4,25 | -4,64 | 59,52 | 12,36 | -85,72 |
| 13 | Pasacaballos | -140,46 | -139,44 | -150,08 | -124,72 | -29,93 | -0,90 | -59,29 | -33,52 | 11,01 | 120,86 | 4,00 | -84,23 |
| 14 | Delta Canal del Dique | -140,04 | -138,99 | -148,59 | -119,18 | 0,84 | 35,30 | -37,74 | -4,95 | 47,76 | 188,03 | 37,73 | -73,67 |
| 15 | Barú | -140,52 | -139,50 | -150,30 | -125,51 | -34,36 | -6,12 | -62,40 | -37,63 | 5,72 | 111,19 | -0,86 | -85,75 |

Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), a partir de la metodología y datos de Universidad del Norte (2003)

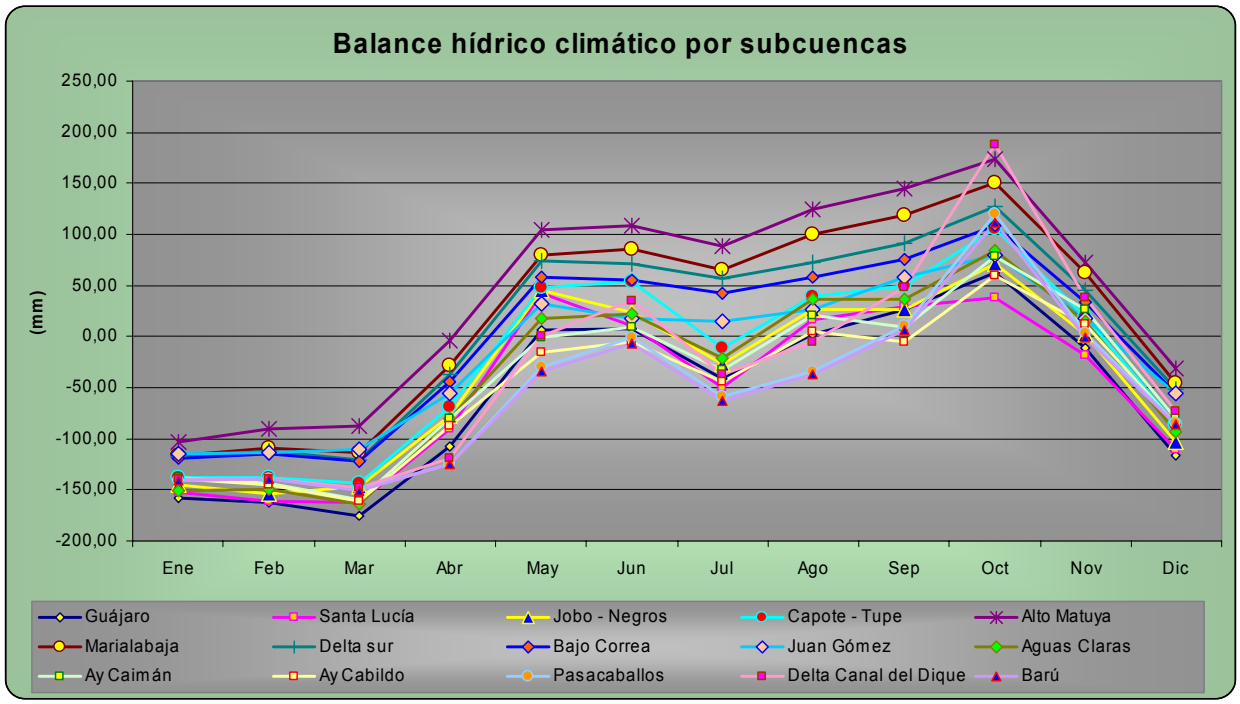



**Figura 31** Comparativo de balance hídrico entre subcuencas.
Fuente: Adaptado por Conservación Internacional (2006), a partir de la metodología y datos de Universidad del Norte (2003)

Se observa que en el período seco reseñado (diciembre a abril) todas las subcuencas arrojan déficit en apreciable magnitud y, exceptuando las subcuencas localizadas en la zona sur, también presentan déficit durante el *veranillo de San Juan*, lo que hace necesario introducir agua desde las ciénagas o del canal para obtener condiciones apropiadas de explotación agropecuaria. La subcuenca Alto Matuya es la de mayores posibilidades de almacenamiento, por su posición en el sector de la cuenca de mayor pluviosidad.

**Subsistema Ciénagas asociadas al Canal del Dique**

A lo largo de su trazado, el Canal del Dique discurre en medio de diversos cuerpos de agua que conforman la gran planicie por donde antiguamente fluía el río Magdalena. En realidad, el canal es el producto de la unión por el hombre de estos cuerpos de agua que fueron abandonados por el Magdalena cuando cambió de curso. En la medida en que a través de los siglos esta comunicación debió ser adecuada a los sistemas de transporte mediante acciones de rectificación y profundización, el canal fue separado de estos sistemas cenagosos, quedando comunicados con el canal mediante uno o varios caños de conexión, dependiendo del número de ciénagas conectadas entre sí.

Muchas de las ciénagas conectadas con el canal han ido desapareciendo, algunas por los procesos naturales de colmatación con el sedimento que les aporta la cuenca y el mismo Canal del Dique, pero la mayoría por la intervención del hombre, preferencialmente sobre los caños de conexión ciénaga – canal.

En el año de 1981, el entonces Ministerio de Obras Públicas y Transportes contrató las obras de rectificación y dragado del Canal del Dique, e incluyó dentro de las obras la construcción de diques en tierra paralelos al canal de tal forma que se pudieran conformar piscinas para confinar el material de dragado. Como estas piscinas bloquearían los caños de conexión ciénaga – canal, previó entonces la construcción de unas estructuras de box-culverts (Tabla 11) para restablecer dichas conexiones.

Entre Calamar y Gambote estos diques y estructuras estaban previstos sobre la margen izquierda del canal; entre Gambote y Pasacaballos, sobre la margen derecha. Varias de las ciénagas que estaban contempladas en los programas de restauración de caños de conexión con estructuras ya no figuran en los inventarios. De acuerdo con HEYMO % INESCO (1985) la estructura de Dique Viejo reemplazó a la de Pivijay y a la de Bijagual, que fueron eliminadas y fue origen de muchos conflictos entre pescadores y agricultores de la región; las demás se fueron construyendo hacia aguas abajo y poniendo en operación. Cuando se terminó de construir la del K41+605 para

conectar la ciénaga de Palenque (o Capote) ya habían empezado a taponar las primeras.

Surgió un conflicto con la población: en aras de prevenir inundaciones pedía cerrar o no abrir las estructuras de conexión, mientras que los pescadores eran los únicos que pedían la apertura, pero no tenían suficiente poder de presión y la autoridad ambiental no fue oportuna en atender sus solicitudes.

En este orden de ideas, HEYMO & INESCO[13], Interventora de las obras, determinó suprimir la construcción de más estructuras a partir del K41+605, entre otras cosas porque se encontró que la entrada de aguas del canal a las ciénagas no solamente era por los caños de conexión, sino también por amplios orillales de desbordamiento que podían alcanzar varios kilómetros de longitud; el reflujo ciénaga – canal sí se producía por los caños. Con los orillales bloqueados por los terraplenes de las piscinas, el flujo de aguas canal – ciénaga se concentraba por la estructura de conexión, lo que facilitó a la población taponar estas estructuras, incluso con ladrillo y cemento.

Así las cosas, se perdieron las ciénagas de Pivijay, Bijagual y todo el complejo de ciénagas del Dique Viejo, en donde se encontraban las de Gonzalito, Puerto Viejo, Palotal, Venturilla, La Placita, Machado, El Negro, Los Negros y Bijagual. Las ciénagas de Botija y Playas también desaparecieron a manos de los agricultores.

Vale la pena destacar el caso del complejo cenagoso de Quintanilla, Tupe, Palenque y Zarzal, interconectado entre sí y conectado con el canal por 4 caños entre el K29+100 y el K51+800, además de extensos orillales de desbordamiento. La población logró que se taponara la estructura del K29+100, una de las más grandes ya que reemplazaba la entrada de aguas más importante al complejo cenagoso, además por ser la primera, aguas arriba. Poco tiempo después de que se suspendieran las obras de rectificación y dragado del canal, la población, o mejor, los agricultores, taponaron las dos estructuras restantes que se habían construido aguas abajo. La población siempre argumenta problemas de inundación cuando la realidad dicta que el problema es que la población invade los playones de aguas altas de las ciénagas. Y una vez taponadas las entradas ninguna nueva casa se construyó, pero sí se corrieron las cercas de los linderos de los agricultores.

Con estos hechos, la única conexión que funciona actualmente para este complejo cenagoso es el caño Zarzal, el de más aguas abajo, por lo que el agua debe remontar cerca de 20 km para llenar de nuevo el sistema, lo cual en la práctica no se da, con el resultado de que se lesionó seriamente en área y capacidad uno de los complejos cenagosos más importantes del Canal del Dique.

Las ciénagas de Matuya, a continuación de la de Zarzal y que se comunicaba a través de varios puentes bajo la vía Gambote – Sincerín con el complejo cenagoso de Marialabaja, así como las del Reje, aguas abajo de Gambote por la margen derecha, también están por desaparecer totalmente.

- **Sistemas Cenagosos**

Las ciénagas principales que subsisten son las de Hobo (o Jobo), Capote, Tupe-Zarzal, La Luisa, Aguas Claras, Matuya, Marialabaja y Juan Gómez. Se incluye el embalse del Guájaro, alimentado por el canal. De acuerdo con UniNorte (2003), las interconexiones canal – ciénagas del sistema lagunar del Canal del Dique son caños en los cuales, con mayor nivel en el canal que en la ciénaga, se presentará un flujo del canal a la ciénaga; en caso contrario, se invertirá el flujo. La cantidad y el sentido del flujo es variable en el tiempo según la condición de niveles que se presenten en los dos cuerpos de agua. Los caños de enlace, por ciénaga, son los siguientes:

**Ciénaga Hobo**. El caño Hobo es el que enlaza la ciénaga Hobo con el Canal del Dique por la margen derecha, en el K19+500.

**Embalse del Guájaro**. Está interconectado con el Canal del Dique por la margen derecha en el K25 a través de las compuertas de El Limón (hasta 250 $m^3/s$). Otras compuertas están en el K30 cerca a la población de Villa Rosa. Los niveles del Embalse son controlados con la apertura y con el cierre de estas compuertas.

**Ciénaga La Luisa**. El caño de conexión con el canal se ubica en el K43+600, sobre la margen derecha.

**Ciénaga Capote-Tupe-Zarzal**. Los caños Mahates – Zarzal y Mahates – Matuya son los que alimentan al sistema cenagoso Capote-Tupe-Zarzal con el Canal del Dique por la margen izquierda y se localizan en el K52.

**Ciénaga Aguas Claras**. El caño que enlaza la ciénaga Aguas Claras con el Canal del Dique se ubica en el K66 sobre la margen derecha.

**Ciénaga Marialabaja**. A partir de K3+800 del caño Correa, se bifurca el caño Correa – Ciénaga Marialabaja, que se comunica con la ciénaga. Tiene una longitud aproximada de

[13] HEYMO % INESCO. *Anexos al Informe General de Interventoría. Sección de Hidrología. Volumen II*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Dirección de Navegación y Puertos. Cartagena. 1985

3,2 Km. La ciénaga recibe aguas de los afluentes de las subcuencas de drenaje y de los caños que van paralelos al Canal, provenientes de otras ciénagas menores localizadas aguas arriba. También cuenta con influencia de la marea por su conexión al Caño Correa. En aguas altas, la ciénaga recibe importantes volúmenes por desbordamientos del Canal, muy difíciles de medir.

**Tabla 11** Estructuras de conexión ciénaga – canal proyectadas en 1981.

| Nombre de la ciénaga | Abscisa de proyecto | Cota de batea | Dimensiones (m) | | | Número de celdas |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ancho | Alto | Largo | |
| **MARGEN IZQUIERDA** | | | | | | |
| Pivijay | 7+980 | 2,70 | 4,00 | 6,80 | 10,00 | 1 |
| Dique Viejo | 9+000 | 3,50 | 2,00 | 2,50 | 10,00 | 3 |
| Bijagual | 10+450 | 2,74 | 2,00 | 2,00 | 33,25 | 1 |
| Jobo | 14+590 | 2,50 | 2,70 | 2,70 | 29,80 | 2 |
| Botija | 18+140 | 2,50 | 5,60 | 6,25 | 10,00 | 1 |
| Playas | 21+070 | 3,60 | 2,00 | 2,00 | 30,20 | 1 |
| Quintanilla | 29+100 | 1,50 | 4,50 | 6,47 | 10,00 | 2 |
| Tupe | 37+950 | 1,50 | 3,50 | 3,00 | 22,48 | 2 |
| Palenque | 41+605 | 1,50 | 4,00 | 5,62 | 10,00 | 2 |
| Zarzal | 51+800 | 0,80 | 2,30 | 2,30 | 10,00 | 1 |
| Matuya 1 | 54+340 | 1,35 | 2,30 | 2,30 | 10,00 | 1 |
| Matuya 2 | 59+170 | 1,35 | 4,00 | 4,55 | 10,00 | 1 |
| **MARGEN DERECHA** | | | | | | |
| Reje 1 | 72+360 | 1,40 | 2,50 | 1,70 | 110,00 | 1 |
| Reje 2 | 79+700 | 1,00 | 2,50 | 1,50 | 110,00 | 1 |
| Pto. Badel | 94+150 | -0,50 | 2,50 | 1,20 | 100,00 | 1 |
| Ay. Caimán | 95+650 | -0,50 | 2,50 | 1,20 | 100,00 | 1 |
| Pueblito | 99+080 | -0,50 | 2,50 | 1,20 | 100,00 | 1 |
| Monsú | 100+380 | -0,50 | 1,50 | 1,30 | 120,00 | 1 |
| Leticia | 101+400 | -0,50 | 1,50 | 1,40 | 120,00 | 1 |
| Peinado | 102+470 | -0,50 | 1,50 | 1,40 | 120,00 | 1 |
| El Tapón | 105+600 | -0,50 | 1,50 | 1,20 | 120,00 | 1 |
| San Diego | 107+620 | -0,50 | 1,50 | 1,20 | 120,00 | 1 |

Fuente: HEYMO & INESCO. (1985)

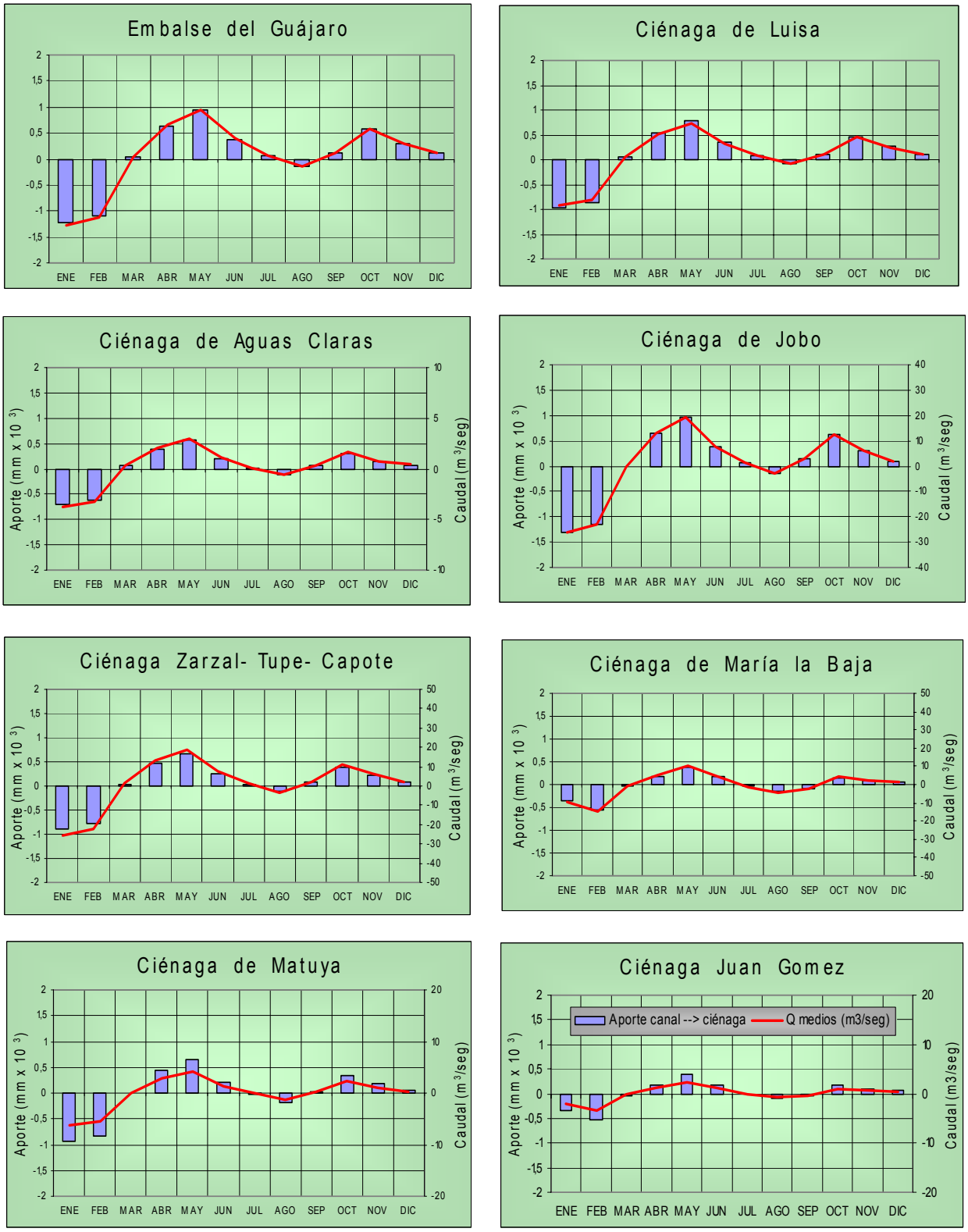



**Figura 32**. Caudales medios en las ciénagas del Canal del Dique. Fuente: Universidad del Norte (2003)

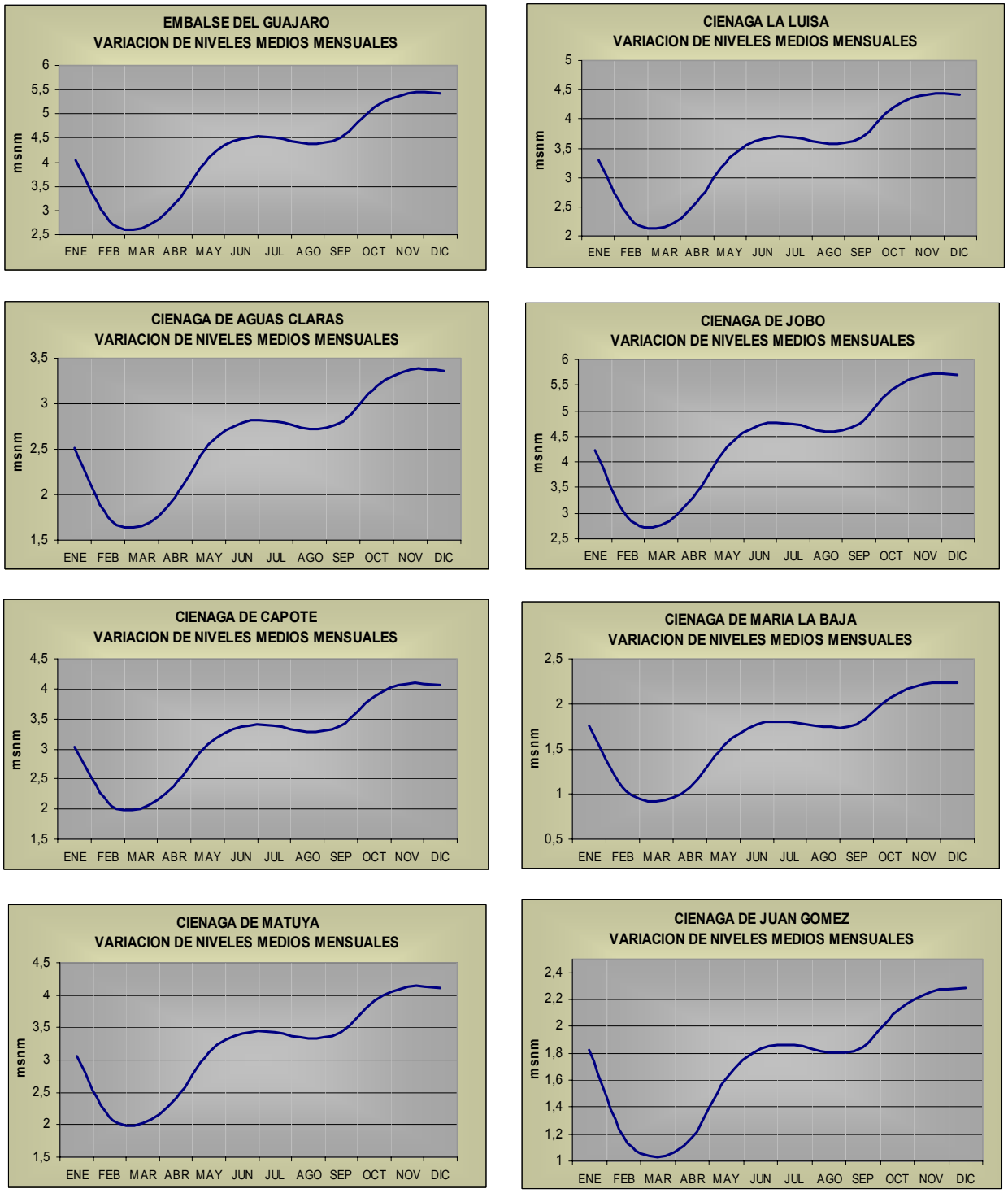



**Figura 33** Comportamiento de niveles en las ciénagas del Canal del Dique. Fuente: Universidad del Norte (2003)

- **Condición actual de las ciénagas**

Con base en los diferentes informes que se han publicado del sistema Canal del Dique y en especial del informe de UniNorte (2003), se preparó el siguiente resumen sobre las condiciones de funcionamiento actual de las principales ciénagas y sus implicaciones de carácter ambiental.

**Ciénaga de Machado.** Fue mencionada dentro del grupo de ciénagas que se interconectaban con sistema del Dique a través del caño Dique Viejo, antiguo curso del Canal del Dique, hace ya unos 23 años, pasando de un sistema ecológico, humedal helofítico a uno de suelos desnudos, herbazales y rastrojales, inundables sólo en temporadas lluviosas locales en su cuenca hidrográfica, lo que incide en forma definitiva en el deterioro y desaparición de la estructura de la comunidad faunística asociada.

La ciénaga se conecta con el Canal del Dique por su margen izquierda a través del Caño Dique Viejo, a la altura del Km 9 del canal. En este punto existe una compuerta construida en 1984, que permanece abierta con una luz de unos 1,20 metros. Existen altos niveles de colmatación por sedimentos acumulados en ambos lados de las compuertas. El deterioro ambiental es extremo en este ecosistema, tanto en el nivel acuático como en el terrestre recién formado, con desaparición de algunas especies de interés comercial como el Bagre, el Blanquillo y el Bocachico.

Los terrenos emergidos por la regresión del nivel del agua son utilizados para el pastoreo intensivo, semi-intensivo y extensivo, lo cual conlleva la pérdida de la capacidad sucesional de la nueva área, afectando el desarrollo secuencial de la escasa riqueza faunística asociada al nuevo ecosistema, área que lentamente se ha tornado árida e improductiva.

El proceso de colmatación en la ciénaga reduce su profundidad generando aumento paulatino de la temperatura media de la masa acuática, lo que resulta en un estrés térmico en la fauna y un estrés respiratorio, al bajar la cantidad de oxígeno disuelto por la anoxia del medio en todos sus niveles, que finalmente termina por causar la muerte de los peces y de otros organismos acuáticos.

La Alternativa 4 proyectada por MinAmbiente sería la solución definitiva de sus problemas por la reactivación del Caño Dique Viejo que introduciría agua del río Magdalena, reactivando los cuerpos de agua del sector en lo relacionado a los aspectos florísticos y faunísticos. Sin embargo, es de esperarse que esta solución no sea acogida por los habitantes de los cuerpos de agua desecados.

**Ciénaga de Jobo.** De acuerdo con UniNorte (2003), esta ciénaga se alimenta del Canal del Dique por el Chorro de Hobo, ubicado sobre la orilla izquierda a la altura del Km 20, el cual presenta un fuerte estrechamiento del cauce de unos 2,0 metros de ancho. Está influenciada por el régimen hidrológico del río Magdalena y del Canal del Dique a través del Chorro. Las tierras emergidas han sido utilizadas para pastoreo y agricultura intensivos. Se encuentran, además, colonizados por pastos con matorrales y relictos de bosques. Una buena parte de la zona circundante, se mantiene como humedal donde existen algunos parches de bosque natural secundario, regularmente intervenido.

La dinámica ictiológica es aceptable aún con la restricción del Chorro, de acuerdo con las capturas reportadas, y a ello contribuye un relativamente buen estado de los canales de comunicación de ésta con sus alrededores, que permite el paso de las especies migratorias durante las temporadas de subienda y bajanza, enriqueciendo la oferta pesquera de la ciénaga y denotando aún, además, una buena condición ambiental del sistema. Esto último haciendo referencia a la menor presencia de materia orgánica disponible en el cuerpo de agua.

El caño de conexión debe ser mantenido regularmente para evitar tiempos prolongados de residencia de los componentes bióticos y abióticos en el cuerpo de agua, que de presentarse acelerará los procesos de degradación ambiental, como la presencia de abundante materia orgánica disponible en cualquiera de sus formas en la masa de agua y en el fondo.

Los playones alrededor del cuerpo de agua manifiestas rasgos de deterioro ambiental, al ser colonizados, cercados y utilizados para al pastoreo intensivo, semi-intensivo y extensivo, lo cual conlleva a la pérdida de la capacidad sucesional del área, afectando el desarrollo secuencial de la escasa riqueza faunística asociada al ecosistema, área que lentamente se ha perdido su riqueza de especies, tornándose árido e improductivo.

**Ciénaga de Capote.** Tanto ésta como todas las ciénagas del complejo han resultado afectadas por la elevada tasa de sedimentación de sus cuerpos, causadas en la mayoría de los casos por la intervención antrópica, ya sea por el corte de la comunicación entre sí y con el Canal del Dique al taponar con terraplenes los caños que las alimentaban o comunicaban, o por la desecación deliberada de importantes áreas de las ciénagas para el pastoreo intensivo, semi-intensivo y extensivo y para la agricultura estacional (UniNorte, 2003).

El sistema ha perdido la capacidad de regulador dinámico de la circulación de los sedimentos durante las crecientes por el taponamiento de las conexiones junto a la población

de Soplavientos, lo cual impide la formación de una cabeza hidrostática suficiente para evacuar durante el vaciado de la ciénaga el sedimento precipitado en los canales de los caños de conexión. En los últimos tres años las crecientes periódicas no han logrado introducir el agua suficiente para alcanzar buenos niveles de agua. Esta carencia de agua es señalada como la causa de la baja productividad que presenta la ciénaga. La fuerte sedimentación de los caños de alimentación y la no operación de la estructuras de conexión ciénaga – canal del K 29 son las responsables directas del déficit hídrico y del deterioro ambiental del sistema cenagoso.

La ciénaga de Capote es la más importante del complejo cenagoso que constituyen las ciénagas de Capote, Tupe y Zarzal, ocupando el cuarto puesto en la producción pesquera de la región durante el año 2003. Se alimenta por el caño de Mahates, vía de agua natural que se conecta con el Canal del Dique. También se comunica con el Canal del Dique por dos canales artificiales: Los Chivos y los Salas. El caño de los Chivos es el mayor aportante de agua del Dique a la ciénaga, depositando igualmente la mayor cantidad de sedimento, se ubica a la altura del Km 38 sobre la orilla izquierda, posee compuertas atendidas por un parcelero vecino; su función es la de permitir la entrada de agua a la ciénaga de Capote e impedir su salida cuando bajan las aguas del Dique. De las compuertas a la orilla de la ciénaga mediante unos 500 m. El Canal de Las Salas se ubica 3 Km aguas abajo del primer canal y sobre la misma orilla. Su construcción es similar a la anterior y cumple las mismas funciones (UniNorte, 2003).

**Ciénaga de Zarzal.-** Siguiendo con UniNorte (2003), esta ciénaga hace parte integral del complejo cenagoso que constituyen las ciénagas de Capote, Tupe y Zarzal. Presenta un elevado nivel de degradación ambiental debido al aumento de la sedimentación de la ciénaga y por lo tanto, la disminución del espejo de agua. La reducción del cauce del caño Mahates que la comunica con el Canal del Dique y el caño Evitar, que la interconecta con la ciénaga de Tupe, y la apertura de comunicaciones en lugares estratégicos o "chorros" que colmatan extensiones de la ciénaga y se convierten en terrenos para el pastoreo, han conllevado a la marcada disminución de la oferta pesquera ocupando el segundo puesto en baja pesca en la región.

**Ciénaga de La Luisa.** La ciénaga hace parte de un sistema cenagoso mayor, largo, de unos 20 km, y dispuesto paralelamente al cauce del Canal del Dique, que llega hasta las ciénagas de Aguas Claras, Paraco, Pescadero, Ciénaga Grande y El Pozo del Tronco, entre otras. Actualmente, la entrada a este sistema cenagoso se hace a través del caño Gambote, por el sitio más bajo de su frente con el canal, el cual resulta insuficiente para recambiar las aguas en las ciénagas más alejadas.

Lo anterior, causado por el taponamiento de conexiones naturales ubicadas más aguas arriba, es la causa principal del deterioro ambiental de la ciénaga, por la pérdida de capacidad y de nivel inducida. Sólo recibe agua de la cuenca por los arroyos de Vericueto, Caribaní, Piedra Candela, Carreto y Pachita, entre otros.

**Ciénaga de Matuya.** Por el cerramiento de los caños de conexión con otras ciénagas y con el canal del Dique, la ciénaga de Matuya está prácticamente aislada de la influencia del sistema magdalénico y del Canal del Dique y por tanto del ciclo hidrológico. La extensión de la ciénaga se ha reducido en un alto porcentaje, pasando de un sistema ecológico humedal helofítico a uno de pastos manejados con cultivos transitorios semipermanentes, incidiendo en forma definitiva en el deterioro y desaparición de la estructura de la comunidad faunística asociada; inundables sólo durante los fenómenos lluviosos extraordinariamente intensos.

Lo más relevante del grave deterioro de este cuerpo de agua es que se pierde su función como vaso comunicante entre la parte media del canal y el conjunto cenagoso de Marialabaja; en ejercicio de esta función irriga el humedal más grande del tramo medio del Canal del Dique antes de llegar al complejo de Marialabaja; dentro de ese humedal existen una serie de cienaguetas o pequeños cuerpos de agua de alta productividad que son aprovechados por los lugareños en actividades de pesca. El volumen de agua tan grande que desplaza hace que el espejo de agua de la ciénaga pase de 7,0 $km^2$ en aguas altas a 2,8 $km^2$ en la época de aguas bajas.

Adicionalmente, este corredor acuático sirve para que transiten las especies ícticas reófilas y migratorias marinas, así como para albergar a las pequeñas especies nativas como la Viejita, la Mayupa, la Mojarra Amarilla, el Moncholo, no migratorias. Aún más, con la marcada tendencia al deterioro ambiental, ha perdido la ciénaga la capacidad de cubeta, poniendo en peligro de desaparición las actuales especies, tanto nativas no migratorias como a las exóticas (UniNorte, 2003).

**Ciénaga de Marialabaja.** La única comunicación que aún funciona con el sistema del Canal del Dique se hace a través del caño Correa, debido a que las sucesivas obras de rectificación y ampliación del canal todas la conexiones directas que existían fueron cerradas. Los orillales de desbordamiento lateral fueron restringidos en su mayor parte y solamente en unos sectores cortos aún funcionan. De otra parte, los arroyos y caños que le traían una mayor cantidad de agua de las escorrentías de los Montes de

María como el arroyo Raicero y los caños la Pochochera, Flamenco, Jardío, La Vaca y Francisco, entre otros, también han sido alterados con desviaciones y represamientos, reduciendo de manera notoria la escorrentía propia de su cuenca hidrográfica. No obstante, aún se mantiene el gradiente de salida permanente de aguas de la ciénaga hacia el Canal del Dique. En los bordes se han incrementado tanto los pastos manejados como la zona de humedal, esta última mezclada con cultivos tradicionales (UniNorte, 2003).

Los aportes del canal y de la cuenca que aún subsisten le otorgan características ecológicas que la hacen la más productiva de la región y permiten la existencia de un gradiente hidráulico que impulsa la salida permanente de aguas de la ciénaga. Estas condiciones originan también la permanencia de una buena calidad del agua de la ciénaga durante todo el año, así como la muy baja incidencia de sedimentos del sistema magdalénico que reduzcan la profundidad y produzcan su colmatación.

Es difícil conciliar el concepto de alta productividad pesquera con el panorama de disminución de la diversidad biótica que ha ocurrido en el ecosistema y lógicamente de la biomasa aprovechable. Uno de los factores responsables es la sobrepesca que se ejerce en este cuerpo de agua debido a su tamaño y a la alta riqueza de especies que se ofertan, entre otras. Con esta tendencia, junto a los tensores ambientales que se van generando día a día en el área, es de esperarse el debilitamiento peligroso de la elasticidad ecológica del ecosistema que lo haría vulnerable a un rápido y profundo estrés, el cual se puede presentar a corto plazo dados sus niveles de nutrientes (UniNorte, 2003).

**Ciénaga de Juan Gómez.** No es clara la participación de esta ciénaga en el ciclo hidrológico del Canal del Dique, o viceversa, ya que se prevé la total desconexión de ésta con el sistema por su ubicación en el delta y por las diferentes actividades antrópicas de las que ha sido expuesta. Sin embargo, la presencia del 55.0% del total de las especies ícticas reófilas en las muestras de la campaña pesquera del año 2003 denota la existencia de algunas conexiones activas entre la ciénaga y el Canal del Dique, única posibilidad aparente de comunicación.

La calidad ambiental de la ciénaga de Juan Gómez aparentemente es buena a pesar de su parcial aislamiento del ciclo hidrológico regional y a pesar de que actúa como sedimentador del sistema de captación de aguas para el acueducto de la ciudad de Cartagena. Según UniNorte (2003) presenta una elevada riqueza de especies de macrófitas, por poseer alta transparencia, poco oleaje y poca pendiente en sus orillas; en el espejo de agua se encuentran Eichhornia crassipes, Eichhornia azurea, Salvinia auriculata, Azolla filiculoides y Pistia stratiotes.

**Subsistema Delta del Canal del Dique**

El Subsistema Delta del Canal del Dique comprende la zona de carácter fluvio – marino que se extiende desde el control geológico que representa el estrecho Rocha - Correa hasta las desembocaduras en mar abierto y en las bahías de Cartagena y Barbacoas. Tan pronto cruza el control geológico, sobre la margen derecha del Dique está la ciénaga de Juan Gómez y a la izquierda se deriva el caño Correa. El curso principal del Dique toma dirección Norte y sobre un canal excavado descarga en la bahía de Cartagena. El caño Correa sigue por un curso natural de alineamiento general SW-W para desembocar en mar abierto por tres sitios (Figura 30). Entre los cauces del Dique y Correa existe un plano inundable donde se destacan las ciénagas de Palotal y La Honda y varias agroindustrias que cultivan el camarón.

Hacia el K82 de su recorrido el Canal del Dique se empieza a abrir en varios brazos o caños para descargar en el mar, de la siguiente manera (Universidad Nacional, 2002):

- **Caño Correa.** En el K82+500 se abre del Canal del Dique por su margen izquierda y luego de un recorrido de unos 31 Km descarga en mar abierto por la Boca de Luisa, junto a la bahía de Barbacoas. Tiene, además, dos brazos que se abren de Correa por la margen derecha: Caño Rico, que se desprende en el K19+800 y descarga por Boca Cerrada, y Caño Portobelo, que se bifurca en el de K22+900 y llega al mar por la boca de Puerto Belito..

- **Caño Matunilla.** Que se desprende por la margen izquierda del Dique en el K100 y desemboca en la bahía de Barbacoas, tiene una longitud aproximada de 6 Km.

- **Caño Lequerica.** Se bifurca en la margen izquierda del Canal del Dique, en el K108, y desemboca en la bahía de Barbacoas, tiene una longitud aproximada de 4 Km.

- **Caño Baya o Garrapata.** Se bifurca en la margen izquierda del Canal del Dique en el K88. Durante las crecientes, aporta aguas hacia la ciénaga La Honda, descargando en el Caño Baya, los excedentes hacia el mar por Boca Cerrada.

- **Caño Palotal.** Se bifurca en la margen izquierda del Canal del Dique en el K92. Durante las crecientes, aporta aguas hacia la ciénaga de Palotal.

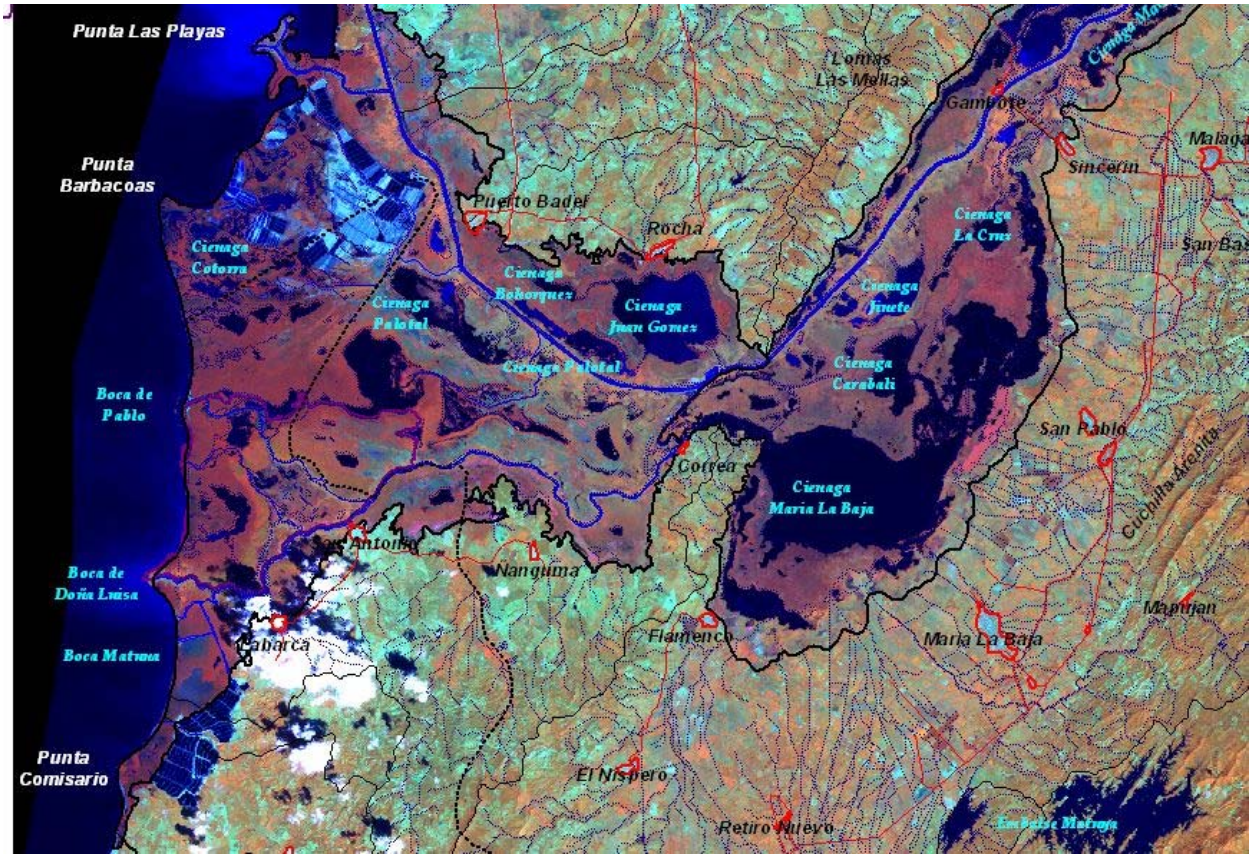



**Figura 34** Vista general de la zona deltáica del Canal del Dique. Fuente: Conservación Internacional, 2006

También cabe mencionar otros caños como el Juan Gómez, de 1,5 km, que comunica la dársena del acueducto (K82 del Dique) con la ciénaga del mismo nombre, y el caño Correa – Marialabaja, que une estos dos cuerpos de agua y parte del Caño Correa en el K3+800.

- **Configuración del delta**

Toda la zona deltáica comprendida entre los caños Correa y Dique y la isla de Barú tiene una extensión de 772 km$^2$ que UniNorte (2003) divide en:

- La planicie deltáica de 260 km$^2$, constituida por la superficie emergida del delta.

- El frente del delta, de aproximadamente 92 km$^2$, que forma una plataforma litoral poco profunda, adyacente a la planicie deltáica. La importancia de los procesos morfológicos está asociada a los aportes fluviales y a la acción del oleaje.

- El prodelta, de aproximadamente 420 Km$^2$, que es la parte externa del sistema deltáico, se presenta en forma de un talud cóncavo, variando entre profundidades de 10 a 50 m.

Las grandes modificaciones del delta a lo largo de los años son debidas principalmente a las actividades de dragado requeridas para acondicionar el canal del Dique a las necesidades del transporte fluvial y particularmente el siglo XX corresponde al período de grandes transformaciones (Leblanc. F, 1985).

Adicional a las grandes obras realizadas entre 1981 y 1984, se puede mencionar las obras de encauzamiento en Pasacaballos ejecutadas en 1991 y la serie de trabajos periódicos de dragado de mantenimiento que desde 1986 se realizan en Calamar y en Pasacaballos.

De acuerdo con UniNorte (2003), con estas obras se configura una nueva línea de costa entre punta Comisario al Sur y la zona de manglares al Norte de la desembocadura del caño Lequerica (Parque Forestal y Zoológico Cacique Dulio). Actualmente el frente activo del delta presenta un avance rápido (progradación), favorecido por los aportes fluviales del Canal del Dique, asociados a las actuaciones

recientes, que indujeron la conformación de un complejo deltáico en los caños Correa, Matunilla y Lequerica.

Particularmente, en las desembocaduras, artificiales todas, de Pasacaballos, Lequerica y Matunilla se están generando permanentemente cambios en la morfología relacionados con el transporte de sedimentos por las corrientes. En el caso de Pasacaballos se han producido drásticos cambios en la configuración de la línea de costa que han puesto a la población de ese corregimiento, otrora costero, a dos km del borde de la bahía (Figura 30).

Pero las implicaciones pueden ser mayores cuando se revisan las batimetrías del fondo de la bahía; el cono de sedimentación producido por el transporte de materiales por el Canal del Dique ha avanzado cerca de 2 km dentro de la bahía y se encuentra a no más de 3 km del canal de acceso a los terminales marítimos de la ciudad. Si se observa el mosaico de la Figura 31 se destaca que ese avance se produjo en menos de 20 años. Si bien se trata de materiales transportados por la corriente, también cabe mencionar que la colocación de los materiales de dragado junto al canal de navegación del canal ha contribuido en gran parte a orientar la depositación en el fondo de la bahía del material transportado.

En los caños Lequerica y Matunilla están ocurriendo fenómenos similares con el crecimiento de sus bocanas sobre la bahía de Barbacoas, con la diferencia de que allí no se han producido operaciones de dragado. En la Figura 32 están los registros de imágenes de satélite hasta el año 1999. La configuración actual será muy seguramente más invasiva sobre la bahía.

- **Caudales en el delta**

Antes de la última rectificación y ampliación del Canal (1981-1984), el caudal medio a la entrada en Calamar era de 320 $m^3/s$, un año después de los trabajos había aumentado a 450 $m^3/s$ y las mediciones durante 1997-1998 indicaron un caudal medio de 520 $m^3/s$. (Universidad Nacional, 2002). De acuerdo con estos valores, se pueden estar agravados los problemas de sedimentación en el sistema lagunar adyacente y en las bahías de Cartagena y Barbacoas.

De otra parte, Universidad nacional (2002), citando el Informe de CORMAGDALENA (2001), señala que desde 1984 el Canal del Dique permite la entrada por Calamar de unos 10 millones de toneladas de sedimentos al año. De esos 10 millones, un 25% sale por Pasacaballos y se deposita en la bahía de Cartagena, el resto se reparte en el trayecto fluvial, inundando en épocas de crecientes, las ciénagas aledañas. El informe no aclara sobre las zonas de disposición de dichos sedimentos, su transporte y que formas de lecho se pueden estar dando.

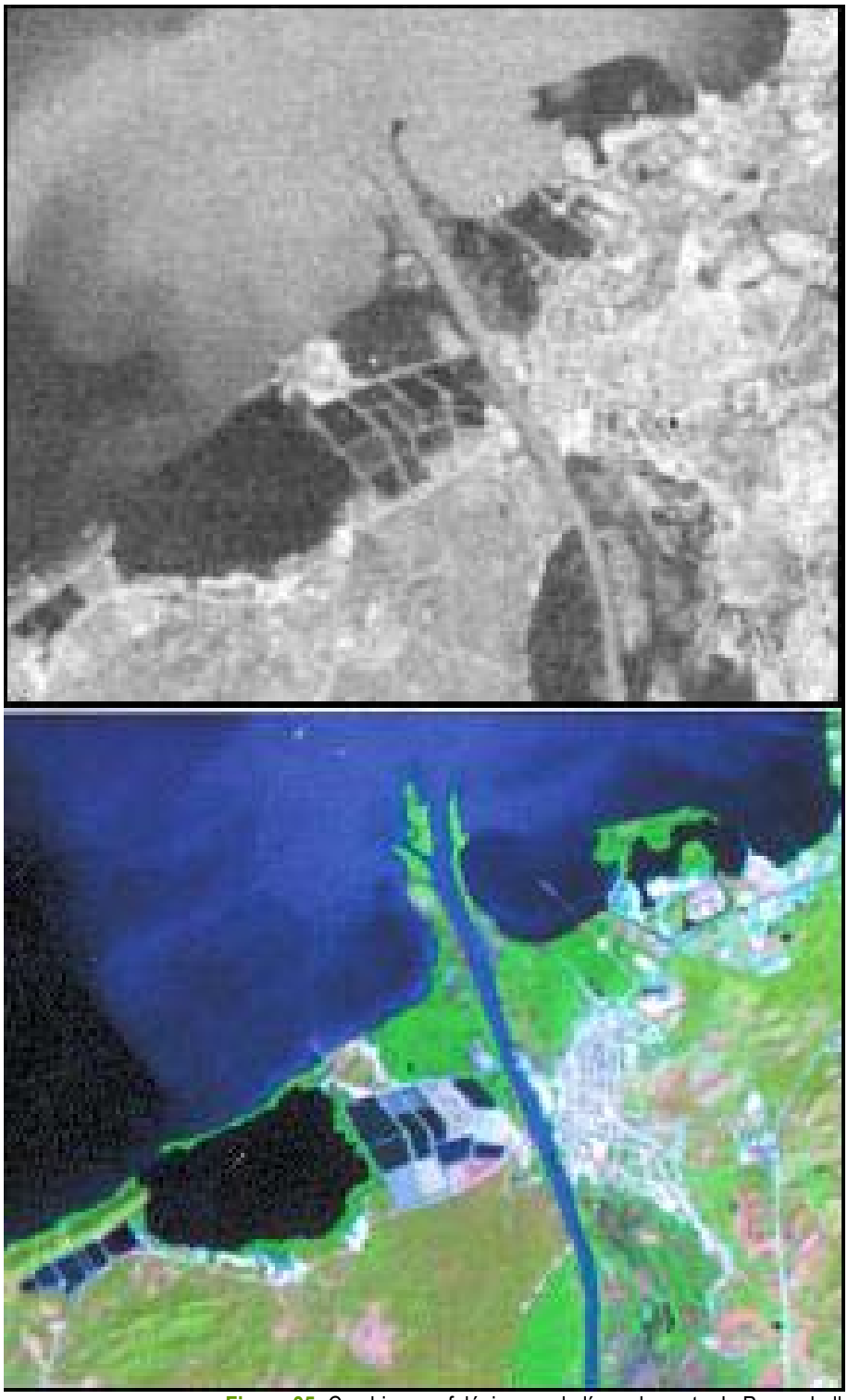
La Universidad de Cartagena (2002) y luego Universidad del Norte (2003) presentan una serie de curvas que relacionan los caudales de Gambote con los de cada uno de los caños por donde descarga el Dique, preparadas con base en aforos tomados a partir de 1985. A partir de estas curvas y tomando como referencia los caudales típicos de Gambote señalados por Universidad del Norte (2003), se puede deducir que el caudal medio con que llega el Dique a Pasacaballos es de 220 $m^3/s$, (Tabla 12) que casi triplica los caudales que se manejaban por ese sitio antes de las obras de 1981 – 1984, que eran del orden de los 60 a 70 $m^3/s$.

1) Año 1955

La población de Pasacaballos era un asentamiento a la orilla de la bahía de Cartagena

2) Año 1985

Recién pasados los últimos grandes trabajos de rectificación y dragado. Se eliminó la última curva y se estabilizó la desembocadura sobre la línea de costa de la bahía.



3) Año 1999

Los espigones ya sobrepasan la línea de costa de la bahía

4) Año 2000

Se fortalecen los espigones dentro de la bahía. Pasacaballos ya no es una población costera.

**Figura 35:** Cambios morfológicos en la línea de costa de Pasacaballos.
Fuente: Conservación Internacional, 2006. Fotos e imágenes tomadas de Universidad Nacional (2002 y Universidad del Norte (2003)

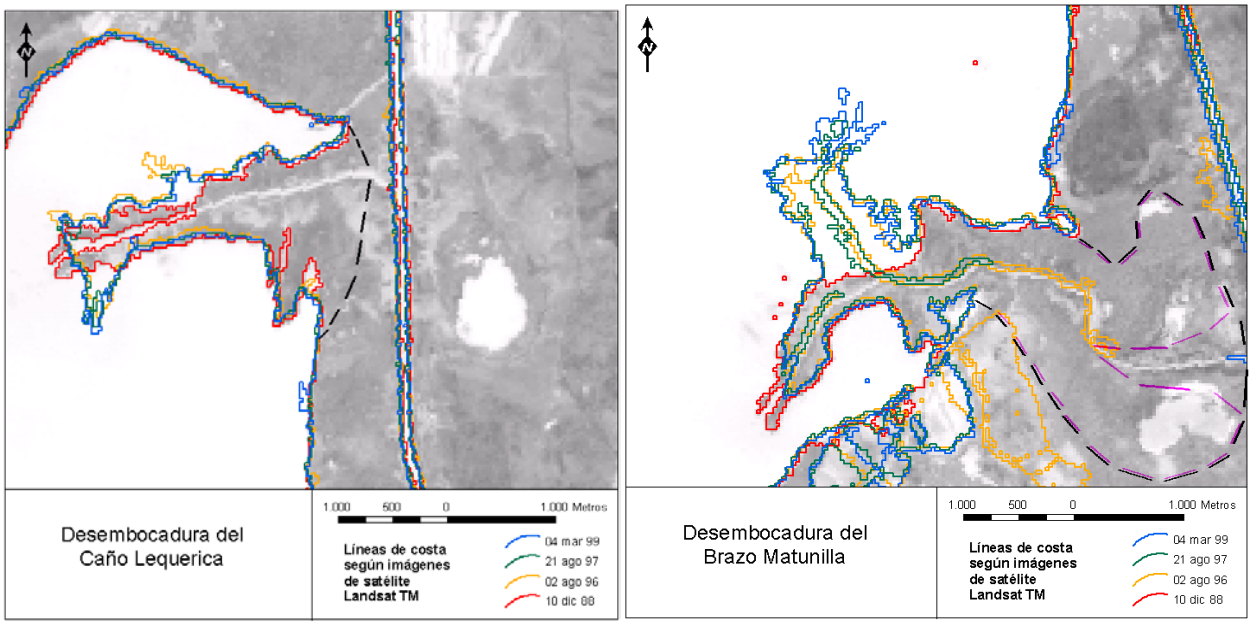



**Figura 36**: Avance del delta del Canal del Dique en la Bahía de Barbacoas
Fuente: Universidad del Norte (2003)

**Tabla 12**: Caudales en el delta del Canal del Dique.

| Sitio de desembocadura | Caudales (m3/s) | | | Caudales (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Qmax | Qmed | Qmin | Qmax | Qmed | Qmin |
| Gambote | 705 | 459 | 296 | 100 | 100 | 100 |
| Correa | 130 | 58 | 42 | 18 | 13 | 14 |
| Matunilla | 180 | 122 | 80 | 26 | 27 | 27 |
| Lequerica | 63 | 34 | 23 | 9 | 7 | 8 |
| Pasacaballos | 337 | 220 | 138 | 48 | 48 | 47 |

Fuente: Conservación Internacional (2006), con datos tomados de Universidad del Norte (2003)

- **Consecuencias ambientales**

Los principales efectos ambientales que ha reportado Cormagdalena (2001) como consecuencia de las obras y del transporte de materiales por la corriente, hacen referencia a la sedimentación del Canal, la eventual deltificación de la propia bahía de Cartagena, la sedimentación de la bahía de Barbacoas y la destrucción paulatina de los corales de las islas del Rosario y describe como ejemplarizante los fenómenos de sedimentación causados por el río Sinú.

Universidad Nacional (2002) señala que debido a estos deterioros numerosas empresas deben realizar dragados anuales para mantener el acceso a sus muelles. Mediciones en el muelle de Malterías Unidas mostraron la perdida profundidad: en 1984 tenia más de 60 pies de profundidad, pero hoy en día cuenta con menos de 40 pies. Además algunas mediciones sobre el muelle en Mamonal realizadas por ECOPETROL encontraron 18 pies de lodo (CORMAGDALENA, 2001).

Todos estos efectos mencionados por CORMAGDALENA (2001) tienen alta probabilidad de ocurrencia, pero también debe ser observada la serie de consecuencias ambientales que se están derivando de estos efectos y no sólo en las bahías sino también a lo largo del trazado del canal desde Calamar. La pesca, los servicios públicos, la agricultura el turismo, la agroindustria y las áreas de interés ecológico y cultural son sectores que también podrían estar involucrados en estas consecuencias ambientales.

En efecto, en 1993 el Consorcio CARINSA & INCOPLAN realizó una evaluación ambiental de las actividades de dragado del Canal del Dique y detectó que si bien es cierto que además del transporte fluvial, existen otros sectores

que se benefician del canal, también es cierto que las consecuencias ambientales más deletéreas en el entorno del canal no eran las producidas por las actividades de dragado, sino por la existencia misma del canal debido a las condiciones de calidad y cantidad con que funciona el sistema. En otras palabras, los sectores que utilizan el canal para su beneficio están siendo afectados por el volumen excesivo de sedimentos que arrastra.

Para ser más claros, adicional al transporte fluvial, hay más de un millón de personas en Cartagena y 21 poblaciones más que se abastecen con el agua del Dique; la zona industrial de Mamonal utiliza el agua del canal para sus procesos y cuenta con más de 50 muelles en la bahía, algunos de ellos con el doble carácter marítimo y fluvial y movilizan más de 1,5 millones de toneladas de productos por el canal; la industria camaronera necesita aguas salobres del estuario para la explotación de más de 1000 hectáreas de estanques; cerca de 4000 hectáreas en Departamento del Atlántico son regadas con agua del canal y se tiene ya la factibilidad de construir otros dos distritos en el Departamento de Bolívar para incorporar otras 6.000 hectáreas; hay más de 25.000 hectáreas de ciénagas asociadas al ciclo de niveles del Dique (60.000 hectáreas en aguas altas) que actúan como amortiguadoras de crecidas y aprovecha este ciclo de niveles para aumentar su productividad biológica; la industria de la zoocría y otras zonas agrícolas no organizadas en distritos de riego toman el agua de la tubería de conducción del acueducto o del canal directamente.

Todas estas actividades donde están involucrados el bienestar y la economía de la población de una amplia zona del caribe colombiano, necesitan que el agua del Canal del Dique reduzca los contenidos de materiales que en suspensión o arrastre transporta para mejorar la calidad de vida y reducir los costos operativos en los servicios públicos o en la industria. Como la cantidad de sedimentos que transporta (el caudal sólido) está altamente correlacionado con el volumen de agua (el caudal líquido) que transita por el canal, entonces el verdadero problema está en el alto caudal líquido que va por su cauce. Ya se anotó que antes de la última rectificación y ampliación del Canal (1981-1984) el caudal medio a la entrada en Calamar era de 320 $m^3/s$; un año después de los trabajos el caudal medio había aumentado a 450 $m^{3/}s$ y las mediciones durante 1997-1998 indicaron un caudal medio de 520 $m^3/s$.

Ahora viene la pregunta de porqué fue necesario ampliar el canal. El canal se amplió porque hace más de 25 años se estableció que su sección debería permitir el tránsito de embarcaciones para carga en doble sentido, una subiendo y otra bajando, con el fin incrementar el movimiento de carga por el canal. Una embarcación (o convoy de diseño) consta de 6 botes en arreglo de 2 x 3 con un remolcador; cada bote mide 13 m de manga, 60 m de eslora y cala 2,6 m.

Pero los resultados no son alentadores. Entre 1972 y 1975 se movilizaron en promedio 2 millones de toneladas/año por el canal, y desde 1985, cuando se terminaron las obras, a la fecha el movimiento de carga se ha sostenido entre 1,3 y 1,8 millones de toneladas/año. El objetivo de aumentar la movilización de carga por el canal no se cumplió, pero los efectos ambientales negativos y sus consecuencias prácticamente se han doblado y están a la vista.

En este orden de ideas vale la pena preguntar si se justifica que el Gobierno siga gastando miles de millones de pesos al año para mantener en el canal condiciones de navegabilidad apropiadas para una flota de transporte diseñada hace más de 25 años y que cala 2,6 metros, cuando están funcionando ya sistemas modernos de transporte que no utilizan hélices y que calan entre 0,6 y 1,5 metros. La respuesta obvia es que hay que cambiar la flota de transporte por una flota moderna que no sea tan exigente en el calado. Es posible que el transporte con esta moderna flota tenga un costo de tonelada/kilómetro mayor que con la flota actual, pero la población y el sector productivo de esta región de la costa no puede seguir subsidiando al sector transporte del país.

- **Cuña salina**

Los estudios de la cuña salina en el Canal del Dique realizados por la Unidad de estudios fluviales-Buque Explorador entre 1990 y 1998 indican la presencia de un estuario altamente estratificado. El efecto de ascenso de la cuña salina se daría con mayor intensidad cuando ocurran caudales extremos bajos en el río Magdalena. Universidad Nacional (2002) señala que para un caudal en el río Magdalena de 2000 $m^3/s$ en Calamar, la cuña salina en el canal del Dique, con salinidad de 30 por mil, avanza 4 km. Con valor de salinidad de 1 por mil, avanza 8 km, hasta alrededor del K107, en cercanías del caño Lequerica.

- **Relación con las Islas del Rosario**

Se ha especulado mucho sobre la responsabilidad que debe tener el Canal del Dique en el deterioro de los corales del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y defensores de parte y parte han mostrado argumentos, algunos con mucha validez, sobre el tema. Universidad del Norte (2003) realizó un análisis bastante objetivo sobre este aspecto y por considerarlo de interés, a continuación se transcribe el aparte principal de su informe.

*"4.2 DETERIORO DE LOS CORALES EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL CORALES ISLAS DEL ROSARIO Y SAN BERNARDO Y SU RELACIÓN CON LOS SEDIMENTOS DEL CANAL DEL DIQUE*

*Con relación a los estudios realizados en el área del Parque sobre los corales, éstos se iniciaron en 1977, época para la cual se reconocía el buen estado de los arrecifes coralinos en la zona. Algunos autores han identificado a los sedimentos del Canal del Dique como responsables del deterioro de los Corales del Parque Nacional Natural Corales Islas del Rosario. Dentro de esas denuncias, se encuentran las siguientes:*

- *.El INDERENA, en 1984, como resultado del seguimiento de relevantes parámetros ambientales, advirtió sobre los efectos del aumento de los sedimentos sobre el parque a causa de las obras de rectificación realizadas en el Canal del Dique desde 1982, reportando una importante disminución de la transparencia del agua en el Parque, la disminución y cambios de la salinidad superficial y una mayor inducción de nutrientes continentales en el área (Barón et al. 1984).*

- *.Igualmente, Ramírez (1984) reportó una alta mortalidad de las especies del género Acropora y lo atribuye a la sedimentación proveniente del Canal del Dique y al uso generalizado de la dinamita por los pescadores artesanales de la época.*

- *.En el mismo sentido Alvarado et al. (1985) determinaron como factores principales del deterioro de los corales del Parque a la sedimentación, la pesca con dinamita, el turismo y los rellenos artificiales.*

*Los deterioros en la zona de la desembocadura del Canal del Dique han seguido siendo monitoreadas. De acuerdo con las observaciones de Corchuelo y Alvarado (1990) se ha establecido un gradiente de disminución desde las diferentes desembocaduras del Canal del Dique hacia el mar afuera de los parámetros fisicoquímicos de los nutrientes, la turbidez y la temperatura, mientras que un gradiente creciente, en la misma dirección, se establece con la salinidad y la transparencia.*

*Ahora bien, otros autores consideran que los sedimentos del Canal del Dique no son importantes en el deterioro de los corales del Parque. Dentro de ellos pueden mencionarse los siguientes:*

- *.Aun cuando la cobertura de la influencia de las aguas del Canal del Dique afecta toda el área del Parque mediante la capa superficial de agua siendo más notoria durante la época de invierno, Leblanc (1985) ya había establecido la poca influencia de las aguas del Canal del Dique en el Parque debido al apilonamiento de aguas que se presenta sobre la plataforma continental del Canal del Dique como resultado del encuentro de dos corrientes marinas que viajan en sentido opuesto (Pujos & Le Tareau 1988).*

- *.Los actuales estudios sobre la fauna y la flora de esta área han demostrado que, independientemente de los efectos de la presión antrópica sobre el ecosistema como el intenso turismo y la pesca indiscriminada y del aumento del aporte de los sedimentos de origen terrígeno por la ampliación y la rectificación del Canal del Dique, existe otro tipo de tensores deletéreos que afectan la diversidad biótica de este sector marino como el aumento global de la temperatura, la mortandad epidémica de los corales que hacen impredecible e incontrolable el deterioro de este ecosistema (Cendales 1999, Rojas 2001).*

*Estos últimos factores tienen un mayor y marcado impacto sobre los sistemas coralinos que los primeros por la forma difusa con que se presentan y que involucran aspectos de orden suprarregional y macroeconómicos, que los hace de muy difícil manejo y control regional.*

*Otro aspecto importante a tener en cuenta al evaluar la influencia de los sedimentos en el Parque, es el bajo conocimiento de la dinámica hidrológica en el área, especialmente en la bahía de Barbacoas, que impide determinar y cuantificar objetivamente el impacto de los sedimentos continentales sobre el complejo coralino de las Islas del Rosario y San Bernardo, vertidos y a verter por el delta del Canal del Dique.*

*Como consecuencia de todo lo anterior, en la actualidad se carece del conocimiento técnico y científico básico necesario que permita identificar, con un moderado nivel de certeza, las verdaderas causas del deterioro del ecosistema marino en los últimos años. Igual incertidumbre se pone de manifiesto al tratar de prever las consecuencias que traería sobre el ecosistema una nueva intervención antrópica como la aplicación de la Alternativa 4 escogida por el Ministerio del Medio Ambiente, Crédito y Vivienda, al no conocerse, por ejemplo, la dinámica de las corrientes marinas que se encuentran en la plataforma continental del Canal del Dique y que de cuyo encuentro hay evidencias de la formación de un foco de surgencia (Leblanc 1985). De ser real la existencia de este fenómeno, las implicaciones en la productividad y en la ecología de la biocenosis de la región serían incalculables e impredecibles, por la falta de información al respecto."*

## Usos del Canal del Dique

El Canal del Dique fue construido para servir al transporte fluvial entre la costa y el interior del país y ese mismo objetivo han tenido y tienen las obras para su rectificación y ampliación. A la vez, muchos sectores económicos y la población misma se han visto beneficiados porque pueden contar con el agua dulce que transporta el Canal del Dique. En esta sección se describen de manera general los principales usos.

## Distritos de Riego

Actualmente operan en el área de la cuenca (Figura 33) el Proyecto Atlántico 3 con los Distritos de Riego de Repelón y Santa Lucía, y el Distrito de Riego de Marialabaja. Este último no se abastece del canal. Están en estudio el Distrito de Riego de San Estanislao, con factibilidad aprobada, y el Distrito de Riego de Conejos, en etapa de reconocimiento.

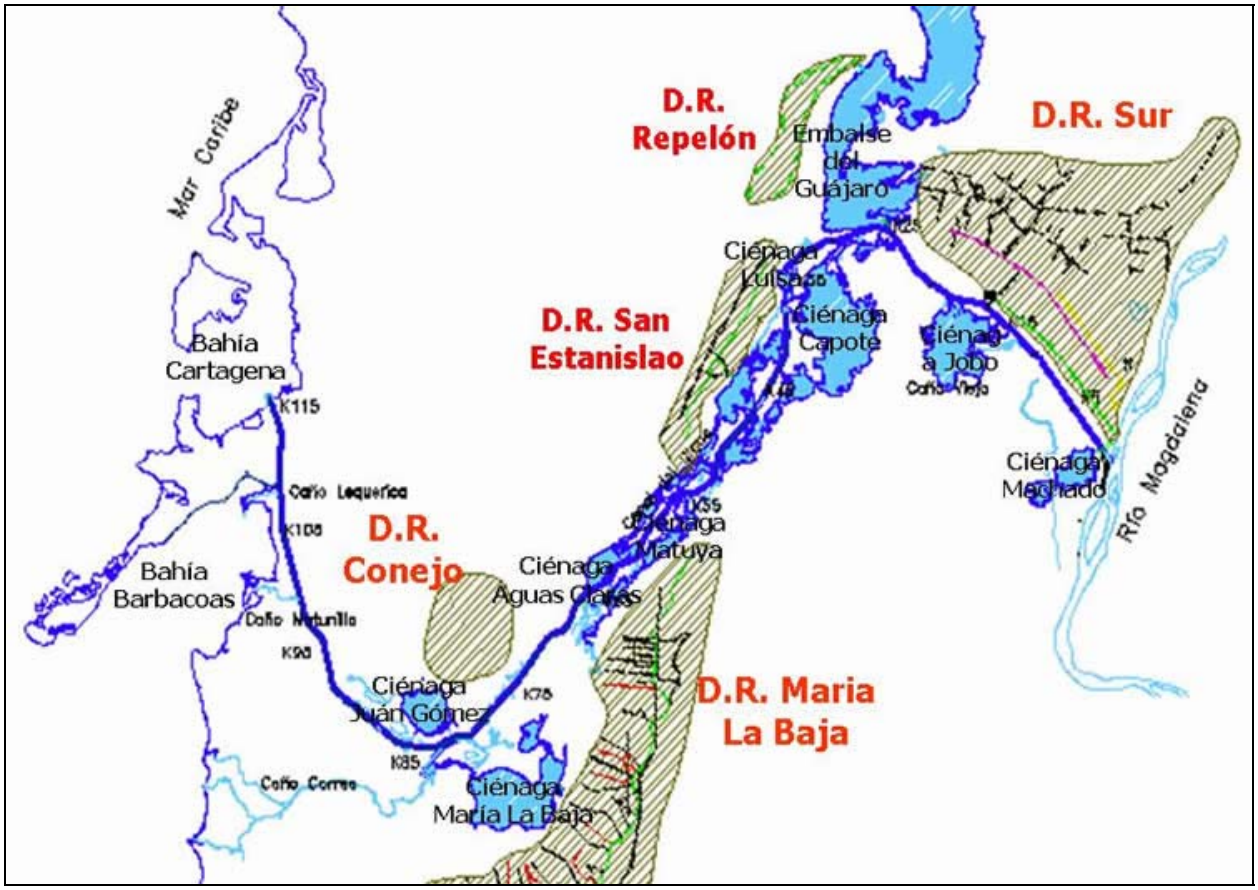



**Figura 37**: Distritos de riego en la cuenca del Canal del Dique
Fuente: Universidad del Norte (2003)

- **Proyecto Atlántico 3**

Este proyecto toma agua del río Magdalena y del embalse del Guájaro. El embalse tiene una extensión de 16.000 hectáreas y fue puesto en servicio por INCORA en 1965; cuenta con dos sistemas de compuertas que la comunican con el Canal del Dique, el de El Limón (4 compuertas radiales de 3,5 x 6,3 m, con capacidad promedio de 100 $m^3/s$ y máxima de hasta 250 $m^3/s$), ubicado en el K25, y el de Villa Rosa (6 compuertas verticales de 1,2 x1,6 m con capacidad de 15 $m^3/s$), sobre el K31 del Canal. Posteriormente, entre 1969 y1970, se construyeron los distritos de riego que componen el Proyecto Atlántico 3 (UniNorte, 2003), con las siguientes características:

- El Distrito de Repelón, al W del embalse, con un área de 3.800 ha, de las cuales 3.400 son aprovechables. Toma el agua del embalse y le devuelve los excedentes. La estación de bombeo se instaló en Repelón y es operada por el INAT con una capacidad de 5 $m^3/s$.

- El Distrito del Sur, al E del embalse, tiene un área de 37.000 ha; incluye los municipios de Santa Lucía, Manatí, Candelaria, Campo de La Cruz y Suán, de los cuales sólo el Distrito de Santa Lucía ha funcionado hasta la fecha con una captación de agua sobre el río Magdalena en el sitio San Pedrito, muy cerca de Calamar; cuenta con una estación de bombeo de 4,8 $m^3/s$ de capacidad total; los excedentes son drenados hacia la ciénaga de Boquitas, desde donde es bombeada al Canal del Dique (K15).

- El Distrito de Riego de Molinero, al N del embalse del Guájaro, quedó incorporado como una posibilidad, para regar mediante bombeo, una extensión de cerca de 12.000 ha de tierras planas de buena calidad, pero no ha funcionado.

- **Distrito de riego de María la Baja**

Desde 1950 empezaron los estudios en este Distrito para favorecer la explotación agrícola de tierras inundables, hasta 1962 cuando con la nueva Ley de Reforma Agraria de 1961, INCORA creó el proyecto Bolívar No. 1 para adecuar y regar 19.400 ha en la subcuenca de la ciénaga de Marialabaja y vecinas. Consta de un embalse en el arroyo Grande y otro en el arroyo Matuya y una red de canales principales, secundarios, terciarios e interceptores. Los embalses tienen las siguientes características:

**Embalse Arroyo Grande**
Volumen máximo de almacenamiento: .....116.5 $mm^3$
Volumen útil disponible: .....114.0 $mm^3$
Embalse muerto: .....2.5 $mm^3$
Área máxima de inundación:.....1.240 ha
Altura máxima presa: .....35 m

**Embalse Arroyo Matuya**
Volumen máximo de almacenamiento .....119 $mm^3$
Volumen útil disponible .....113 $mm^3$
Embalse muerto .....6 $mm^3$
Área máxima de inundación.....1.414 ha
Altura Máxima Presa ..... 34 m

De acuerdo con un informe del Ministerio de Agricultura de 1995, el Distrito está subutilizado ya que se produce una sola cosecha al año, representada principalmente en cultivos de arroz, plátano y pequeñas extensiones de sorgo, maíz y frutales. La mayor parte del área, el 63%, está explotada en ganadería extensiva y carne y doble propósito, cuyos beneficios son naturalmente bajos.

- **Proyecto de riego de San Estanislao**

Contempla el riego de 4.840 ha, y ya superó la etapa de factibilidad del entonces Instituto Nacional de Adecuación de Tierras – INAT, Seccional Bolívar. Esta localizado, al N del Canal del Dique y al SW de San Estanislao. Su fuente directa de agua será la ciénaga Luisa, conectada con el Canal del Dique. El caudal de suministro previsto es del orden de 3 $m^3/s$.

- **Proyecto de riego Conejos**

Es un proyecto de 4.500 ha, en etapa de reconocimiento del entonces INAT. Se prevé su ubicación al N de la ciénaga de Juan Gómez, que sería fuente Esta ciénaga sirve también de fuente para el acueducto de Cartagena.

**Interconexión Guájaro – Luruaco – Tocagua – Totumo**

La gobernación del Atlántico preparó la factibilidad técnica y el estudio de impacto ambiental del proyecto de interconectar el embalse del Guájaro con el sistema lagunar Luruaco – Tocagua – Totumo para organizar un Distrito de Riego del orden de 40.000 ha, con uso multipropósito de los cuerpos de agua y mejora del potencial de su zona de influencia. El costo previsto es de 20 millones de dólares, pero Minambiente y CRA negaron la licencia ambiental. Una vez se superen las objeciones se procederá con el plan de estudios de este proyecto, que tiene los siguientes componentes:

- Conexión Guájaro - ciénaga de Luruaco: Estación de bombeo con capacidad total de 4,8 $m^3/s$ para superar la divisoria de aguas al N del embalse, 5 líneas de longitud de 6200 m en tubería de conducción forzada de 24", una estructura de entrega adecuación en arroyo Negro y disipador en la ciénaga de Luruaco.

- Conexión de ciénagas Luruaco – Tocagua: 1 estructura reguladora de caudal de salida; conformación del canal de conexión y dragado de las dos ciénagas para retirar el aporte de sedimentos de los afluentes.

- Conexión de ciénagas Tocagua – Totumo: 1 estructura reguladora de caudal de salida; rehabilitación del arroyo Ronco y dragado de las dos ciénagas para retirar el aporte de sedimentos de los afluentes.

**Usos de agua para acueductos**

- **Acueducto de Cartagena**

El acueducto empezó a tomar aguar del Dique en Gambote por la década de los años 30 con una estación de bombeo de agua cruda, tuberías de conducción, planta de potabilización en la ciudad, redes de distribución y capacidad máxima de 30.000 $m^3$/día. Entre 1958 y 1968, se duplicó la capacidad con una segunda estación de bombas de mayor capacidad, tubería de conducción adicional y nueva planta de tratamiento.

A mediados de la década del 70, se dio al servicio un nuevo sistema de suministro de agua a la industria localizada en Mamonal, con bocatoma situada en la ciénaga de Dolores, una de las 3 del sistema lagunar de Juan Gómez, alimentado por aguas del Canal del Dique. Inicialmente sólo abastecía de agua cruda la industria, luego se prolongó la tubería hasta la ciudad para tratar el agua cruda en la planta de El Bosque. De esta manera, Cartagena cuenta con dos ejes de abastecimiento procedentes del Dique: el de Gambote (K66) y el de Dolores (K81). Sus características principales son las siguientes:

- **Sistema de Gambote**

Tiene una dársena sobre la margen derecha del Canal del Dique (K66). Sus principales instalaciones son la dársena y los edificios de bombas. El edificio fue construido en el año 1938 y ampliado y reformado luego. En 1957 se construyó un edificio aledaño para el acueducto regional Arjona – Turbaco. Cuenta con dos bombas de 0,5 $m^3$/s y dos de 0,2 $m^3$/s, presenta limitaciones por el deterioro de la tubería (tiene 45 años de instalada).

Desde aquí se bombean 0,6 $m^3$/s de agua cruda a Cartagena, de los cuales se entregan 20 l/s al acueducto regional de Turbana y aproximadamente 60 l/s a las fincas que se encuentran a lo largo de la red. A las plantas llegan 30.000 $m^3$/día. El resto son pérdidas, tanto técnicas como comerciales de la tubería.

- **Sistema de Dolores**

El sistema lagunar es alimentado naturalmente por el Canal del Dique en aguas altas y por bombeo desde la estación de Conejo, durante el estiaje. En la actualidad este sistema consta de los siguientes componentes:

**Estación de bombeo de Conejo**. 4 bombas de 2,0 $m^3$/s de capacidad en una dársena de presedimentación aledaña al Canal en el K81 y la entrega a la ciénaga de Juan Gómez.

**Canal de conducción**, que lleva el agua desde la ciénaga de Juan Gómez a la ciénaga de Dolores.

**Estación de bombeo de Dolores**. 5 bombas de 1 $m^3$/s en el extremo NE del sistema lagunar para bombear a Piedrecitas, situada a 20 Km de distancia.

**Estación de rebombeo Piedrecitas**. 6 bombas de 0,6 $m^3$/s impulsan hasta Albornoz.

**Estación de rebombeo Albornoz**. 2 bombas 0,3 $m^3$/s y 3 de $m^3$/s impulsan hasta la planta de tratamiento en la ciudad.

- **Sistema rural de Cartagena**

Los corregimientos de Cartagena en el área de influencia del Canal del Dique son Ararca, El Recreo, Leticia, Pasacaballos y Santa Ana. De ellos, Pasacaballos se surte del acueducto de Cartagena por una derivación de la Zona Industrial de Mamonal y Santa Ana y Ararca, a través de un acueducto privado recientemente adquirido por ACUACAR. Estas poblaciones, junto con Barú y las ubicadas en la isla de Tierrabomba, cuentan con un proyecto de suministro de agua por parte de ACUACAR, con la construcción de una estación de bombeo en Piedrecitas.

**Otros acueductos**

- **Cobertura**

Aparte de Cartagena, la población urbana del área del proyecto cuenta con buena cobertura en el suministro de agua, pero la frecuencia y calidad del servicio que se presta es deficiente. De la población rural, la cobertura de acueducto alcanza en el departamento de Bolívar un 47% en promedio (Tabla 13); y en el departamento del Atlántico, el 85%. La cobertura de alcantarillado es casi nula en Atlántico y Bolívar, la cobertura de aseo no existe en la región.

- **Fuentes de abastecimiento**

En las siguientes Tablas 14 al 16 se presentan los diferentes consumos con captaciones en el Canal, ciénagas, embalses y pozos profundos para las diferentes poblaciones, ubicadas en la zona de influencia del Canal del Dique.

**Tabla 13**: Cobertura de acueductos y alcantarillados

| Departamento | Municipio | Cobertura Acueducto (%) | | Cobertura Alcantarillado (%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Urbana | Rural | Urbana | Rural |
| Bolívar | Arjona | 80.0 | 80.0 | 0.0 | 0.0 |
| | San Cristóbal | 85.0 | 85.0 | 0.0 | 0.0 |
| | San Estanislao | 80.0 | 75.0 | 0.0 | 0.0 |

| Departamento | Municipio | Cobertura Acueducto (%) | | Cobertura Alcantarillado (%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Urbana | Rural | Urbana | Rural |
| | Santa Rosa | 60.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Soplaviento | 80.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Turbana | 80.0 | 60.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Turbaco | 50.0 | 80.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Villanueva | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Calamar | 75.0 | 20.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Mahates | 70.0 | 75.0 | 50.0 | 0.0 |
| | Marialabaja | 80.0 | 40.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Cartagena | 73.0 | 46.4 | 62.0 | 0.0 |
| | Santa Lucía | 90.0 | 80.0 | 00.0* | 0.0 |
| Atlántico | Repelón | 90.0 | 90.0 | 0.0** | 0.0 |
| | Luruaco | 90.0 | 90.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Manatí | 40.0*** | 40.0 | 0.0 | 0.0 |
| Sucre | San Onofre | 70.0 | | 25.0 | |

* en construcción 90%
** en construcción 30%
*** próximamente entrará en servicio una nueva planta de tratamiento con una capacidad de 75 l/s para el 100% de la población

**Tabla 14**: Uso del agua del Canal del Dique para acueductos.

| Abscisa (K) | Acueducto | Municipio | Departamento | Caudal (l/s) |
|---|---|---|---|---|
| 8 | Las Compuertas | Manatí | Atlántico | 3 |
| 9 | Santa Lucía * | Santa Lucía | Atlántico | 40 |
| 20 | San Cristóbal | Soplaviento | Bolívar | 15 |
| 30 | Regional 3 ** | San Estanislao | Bolívar | 103 |
| 52 | Mahates | Mahates | Bolívar | 35 |

* Incluye el corregimiento de Algodonal
* * Soplaviento, San Estanislao, Villanueva, Santa Rosa

**Tabla 15**: Uso del agua de las ciénagas y embalses para acueductos

| Población | Municipio | Ciénaga | Departamento | Caudal (l/s) |
|---|---|---|---|---|
| Repelón | Repelón | Guájaro | Atlántico | 60 |
| Rotinet | Repelón | Guájaro | Atlántico | 6 |
| Marialabaja | Marialabaja | Matuya | Bolívar | 45 |
| Luruaco | Luruaco | Luruaco | Atlántico | 43 |
| La Puntica | Luruaco | Luruaco | Atlántico | 5 |

**Tabla 16**: Uso del agua de pozos profundos para acueductos.

| Corregimiento | Municipio | Departamento | Caudal (l/s) |
|---|---|---|---|
| Villa Rosa | Repelón | Atlántico | 6 |
| Cien Pesos * | Repelón | Atlántico | 5 |
| Las Tablas * | Repelón | Atlántico | 3 |
| Arroyo Negro | Repelón | Atlántico | 6 |
| La Peña | Sabanalarga | Atlántico | 10 |
| Aguada de Pablo | Sabanalarga | Atlántico | 11 |
| Sincerín | Arjona | Bolívar | 9 |
| Machado | Calamar | Bolívar | - |
| Soto | Calamar | Bolívar | 5 |
| Malagana | Mahates | Bolívar | 19 |
| San Pablo | María La Baja | Bolívar | 5 |
| San Basilio de Palenque | María La Baja | Bolívar | 7 |
| Flamenco | María La Baja | Bolívar | 2.5 |

* Toman agua de un pozo ubicado en Santa Cruz

## Navegación

Las obras de 1981-1984, se realizaron para transportar hasta 15 millones de toneladas (MT) de carbón al año 2000. Por varias decisiones del Estado, los trabajos no han cumplido el objetivo de incrementar la carga, pero sí han incrementado los caudales de derivación y aporte de sedimentos a partir del río Magdalena, los cuales han repercutido negativamente en el sistema lagunar anexo y en las bahías de Barbacoas y Cartagena (UniNorte, 2003).

La utilización del río Magdalena para el transporte fluvial ha sido decreciente en los últimos 40 años. El volumen de carga movilizado en 1961, de 1,5 MT, fue el 15% del total de carga manejado en todos los modos de transporte; en la última década sólo representó el 2%. Entre las funciones de CORMADALENA está la de recuperar la navegación y la actividad portuaria por el río, y desde diferentes instancias de gobierno se proveen estrategias e instrumentos para el cumplimiento de esas funciones. En el Plan de Desarrollo "Cambio para construir la Paz", se plantearon algunas estrategias:

- Definir una política eficiente y efectiva para el mejoramiento de los canales navegables.
- Construir la infraestructura portuaria necesaria para reactivar la navegación y su interconexión con otros modos de transporte centros de transferencia y unidades transportadoras.
- Adoptar el sistema de concesión de la infraestructura, del mantenimiento y operación de las vías fluviales, como mecanismo de financiación de las obras para su desarrollo.

- **Movimiento de carga**

UniNorte (2003) ha recogido varias estadísticas de movimiento de carga por el canal que indican mayor utilización en el pasado (Tabla 17) pasando de 2,3 MT/año en 1972 a 1,5 MT en 1998.

**Tabla 17**: Movimiento de carga fluvial por el puerto de Cartagena.

| Año | Carga Total (Ton) | Fuente |
|---|---|---|
| 1972 | 2'281.000 | Hidrotec |
| 1973 | 1'818.951 | |
| 1974 | 2'002.838 | |
| 1975 | 2'008.058 | |
| 1979 | 1'058.289 | Hidroestudios - Buque Explorador |
| 1980 | 1'273.024 | |
| 1981 | 1'279.799 | |

| Año | Carga Total (Ton) | Fuente |
|---|---|---|
| 1982 | 1'410.305 | |
| 1984 | 1'584.988 | |
| 1985 | 1'524.716 | Ministerio de Transporte. Dirección General de Transporte Fluvial |
| 1986 | 1'608.596 | |
| 1987 | 1'550.072 | |
| 1988 | 1'549.753 | |
| 1989 | 1'632.486 | |
| 1990 | 1'731.144 | |
| 1991 | 1'636.379 | |
| 1992 | 1'333.991 | |
| 1993 | 1'544.393 | |
| 1994 | 1'743.279 | |
| 1995 | 1'510.077 | |
| 1996 | 1'795.970 | |
| 1997 | 1'533.938 | |
| 1998 | 1'496.598 | |

Los registros de la clase de carga que entra al puerto fluvial de la ciudad (Tabla 18), indican que se ha reducido el transporte de hidrocarburos y se ha venido incrementando el transporte de carbón.

**Tabla 18**: Entradas puerto fluvial de Cartagena (Ton).

| Año | Hidrocarburos | Carbón | Otros | Total |
|---|---|---|---|---|
| 1985 | 985.959 | 170.230 | 35.109 | 1'191.298 |
| 1986 | 1'051.981 | 162.165 | 54.831 | 1'268.977 |
| 1987 | 1'092.733 | 166.976 | 1.811 | 1'261.520 |
| 1988 | 1'045.748 | 246.560 | 6.059 | 1'298.367 |
| 1989 | 1'032.656 | 342.242 | 7.678 | 1'382.576 |
| 1990 | 1'538.201 | 1.001 | 12.281 | 1'551.483 |
| 1991 | 1'140.117 | 333.996 | 19.601 | 1'493.714 |
| 1992 | 783.453 | 374.710 | 18.615 | 1'176.778 |
| 1993 | 1'065.262 | 242.271 | 12.868 | 1'320.401 |
| 1994 | 1'056.403 | 0 | 422.423 | 1'581.609 |
| 1995 | 858.980 | 452.566 | 4.176 | 1'315.722 |
| 1996 | 1'067.790 | 223.348 | 333.278 | 1'624.416 |
| 1997 | 683.787 | 668.955 | 7.163 | 1'359.905 |
| 1998 | 736.898 | 614.854 | 1.128 | 1'352.880 |

**Comportamiento de los hidrocarburos.** La perspectiva que maneja ECOPETROL es la ir reduciendo la carga fluvial de hidrocarburos para trasladarla a sus oleoductos por que le resulta más económico.

**Comportamiento del carbón.** Aunque la carga ha ido aumentando paulatinamente por las mejores condiciones de calado del puerto de la ciudad. No obstante no se ven buenas perspectivas ya que el Canal del Dique no resultó una alternativa favorable para el transporte de carbón de La Jagua de Ibirico (Cesar) y el de Cundinamarca – Boyacá hasta el puerto de exportación.

**Comportamiento de la carga general.** La carga general incluye café, cemento, abonos, maquinaria, productos agrícolas, metalmecánica y manufacturas. A excepción de los años 1994 y 1996, con entradas de 422.443 y 333.278 toneladas y en 1992 con una salida de 120.257 toneladas; las entradas o salidas del registro estadístico disponible desde 1988, muestran tan solo un movimiento entre 20.000 y 70.000 toneladas.

Un estudio reciente realizado por la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena y mencionado por UniNorte (2003), indica que hacia un futuro próximo, existe la posibilidad de transportar 150.000 Teus/año, movilizando carga en ambos sentidos entre Cartagena – Bogotá, Medellín y Zona Cafetera, siendo ésta, la que posiblemente reactivaría la carga por el Canal del Dique. Adicionalmente, se podrá esperar un granel sólido de 500.000 ton/año.

- **Características de la flota fluvial existente**

El convoy considerado de diseño, para las obras de rectificación del Canal del Dique durante 1981 – 1984, presentó las siguientes características (UniNorte, 2003):

Eslora máxima ..... 220 m
Manga máxima..... 27 m
Calado..... 2.0 (6,5 pies)
Capacidad de Carga ..... 7200 Ton

El convoy de diseño está conformado en su mayoría por 6 botes con una formación de 2 x 3 para el transporte de hidrocarburos y carbón, empujados por un remolcador (Figura 34). El mantenimiento del canal para permitir la navegación segura de esta flota exige la remoción de unos 600.000 $m^3$/año de sedimentos de fondo en Calamar y de unos 450.000 $m^3$ en la bahía de Cartagena (El costo promedio del dragado es de US$2,0/$m^3$).

Para el transporte de carga general suelta y contenedorizada por vía fluvial al interior del país, la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena ha previsto uso de una embarcación menor para un futuro movimiento de cargas desde y hacia Puerto Berrío y La Dorada. Esta embarcación presenta las siguientes características:

Eslora ..... 100 m
Manga ..... 12 m
Calado..... 1.25 m + 10%
Capacidad ..... 1200 Ton
Potencia ..... 1200 HP

Si los dos principales productos que utilizan el canal para el transporte muestran claras tendencias declinantes, es ahora la oportunidad de realizar un gran cambio en el modelo de

transporte fluvial, utilizando embarcaciones como la propuesta por la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena, lo cual permitiría reducir la sección del canal del Dique y, con ello, los caudales líquidos y sólidos que están causando grave deterioro en el entorno de las bahías y del canal mismo.

**Figura 38**: Modelos de embarcaciones para el transporte fluvial de carga.

| Arreglos | Formación | Cantidad (Unidades) | % | Carga promedio por Convoy (Ton) | Eslora * (m) | Manga (m) | Puntal (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 9 | 1.2 | 541 | 71 | 11.3 | 2.2 |
| | 1 x2 | 64 | 8.6 | 1,194 | 128 | 12.9 | 2.2 |
| | 1 x 3 | 49 | 6.6 | 1,623 | 170 | 12.9 | 2.4 |
| | 2 x 2 | 146 | 19.8 | 2,692 | 136 | 24.4 | 3.2 |
| | 1 + 2 x 2 | 67 | 9.1 | 3,255 | 192 | 24.3 | 2.7 |
| | 2 x 3 | 376 | 50.9 | 4,221 | 201 | 24.6 | 2.2 |
| | 1 + 2 x 3 | 26 | 3.5 | 4,155 | 245 | 21.9 | 2.5 |
| | 2 x 4 | 2 | 0.3 | 3,793 | 244 | 22.0 | 2.5 |
| **TOTAL** | | **388** | **100.00** | | | | |

**Notas**: (*) La eslora incluye la unidad remolcadora
Fuente: Intendencia Fluvial Barranquilla - Ministerio de Transporte. En la línea amarilla se destaca el convoy de diseño usado en Cartagena. El Canal se rectificó y amplió basándose en estas especificaciones.

## Sistema Biótico

La diversidad de ecosistemas en Colombia es asombrosamente alta, quizás la mayor del mundo, con no menos de 99 unidades biogeográficas identificadas, y más de un centenar y medio de distritos biogeograficos, claramente diferenciados (Hernandez-Camacho, en UAESPNN, 1998). La ubicación tropical del país, su variedad de climas y una historia geológica que dio origen a las tres cordilleras andinas, se traducen en un vasto número de tipos de ecosistemas; además la ubicación del país, que esta situado en el punto de contacto entre el Istmo de Panamá y el continente sudamericano, hizo de Colombia el centro de intercambio biológico entre Norte y Sudamérica al emerger el puente terrestre que las unió (Mittermeier & Goettsch, 1997).

La diversidad ecosistémica de Colombia es tal que no son muchos los ecosistemas que existen en el mundo que no se encuentran ubicados en Colombia. Las áreas actuales de los biomas representan en la mayor parte de las ocasiones una porción cada vez más reducida de las áreas originales, principalmente a causa de las actividades antrópicas. Por ejemplo, la superficie original de 550.000 Km2 de bosques tropicales, ubicados por debajo de los 1000 m.s.n.m., se ha reducido en un 33% (Ministerio del Medio Ambiente et al, 1995).

A pesar del alto grado de amenaza de la riqueza natural de Colombia, el país es uno de los más ricos en diversidad biológica, ya que con sólo el 0.7 % de la superficie continental posee aproximadamente el 10% de la diversidad biológica mundial. En relación con la riqueza vegetal de Colombia, se estima que hay entre 45.000 y 51.000 especies de plantas superiores, de las cuales se calcula que el 33% son endémicas (Mittermeier & Goettsch, 1997). Esta abundante biodiversidad ha sido utilizada por comunidades tradicionales y es base directa e indirecta de numerosas actividades productivas, por lo cual juega un papel estratégico en el desarrollo nacional, y en las oportunidades futuras de desarrollo sostenible (Ministerio del Medio Ambiente et al, 1995). Sin embargo, los inventarios hasta ahora realizados de flora y fauna y los esfuerzos de investigación no abarcan ni siquiera el 50% (Londoño & Álvarez 1997, Rudas & Prieto 1998, citados por ISA, 2002).

El Canal del Dique está considerado como una ecorregión estratégica por su compleja red de humedales y alta biodiversidad. Desde el punto de vista de su cuenca, esta importancia se resalta aún mas debido a que el área hidrográfica del Canal se amplía, e incluye no sólo humedales continentales y costeros con la presencia de bosques de manglar, bosques de pantanos de aguas dulces, vegetación típica de las ciénagas y hasta arrecifes coralinos y pastos marinos que hacen parte de la zona de influencia de la cuenca, sino también relictos de bosque seco tropical, bosque muy seco tropical, bosques subxerofíticos y vegetación de playa. La diversidad de ecosistemas en esta zona la convierte en un sitio estratégico de hábitat, refugio y fuente de alimentación de una gran cantidad de especies animales terrestres y acuáticas.

Para efectos del presente estudio, se dividió la cuenca en siete Unidades Geográficas (UG), ver Mapa 23. Las UG y los municipios que las componen son:

1). **UG Altos de María La Baja:** San Onofre, Carmen de Bolívar, San Jacinto, María La Baja y San Juan de Nepomuceno.

2). **UG Serranía del Toro:** Mahates, San Juan, Calamar y Arroyo Hondo.

3). **UG Complejo de Humedales del Alto Canal del Dique**: Mahates, San Estanislao, Arjona, Arroyo Hondo, San Cristóbal, Calamar y Soplaviento.